A. Carabulea

INGINERIA SISTEMELOR INDUSTRIALE

◆PROBLEME◆

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ
Bucureşti — 1977

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

A. CARABULEA

INGINERIA SISTEMELOR INDUSTRIALE

PROBLEME

Editura didactică și pedagogică
București — 1977

Scanned with OKEN Scanner

Soției mele Ileana pentru înțelepciunea cu care a contribuit la rezolvarea complicatelor probleme din „ingineria vieții"

A.C.

Prefață

Lucrarea „Ingineria sistemelor industriale" cuprinde 110 probleme în următoarele domenii:

- **Proiectarea și montajul instalațiilor industriale.**
- **Utilizarea optimală a resurselor materiale și umane la nivelul sistemelor industriale.**
- **Prognoza și decizia în conducerea sistemelor industriale.**

Acestea se referă la o serie de aspecte practice ale conceperii, montajului, exploatării și dezvoltării sistemelor de producție, cum ar fi: alegerea variantei optime de proiectare a sistemelor industriale, montajul instalațiilor pe baza metodelor „Drum Critic" *si* „Pert", *exploatarea rațională a sistemelor industriale în general și a sistemelor de energie în special, algoritmizarea ingineriei umane, perspectiva dezvoltării activității și modul de construire a deciziilor la nivelul sistemelor industriale.*

Lucrarea mai cuprinde trei anexe de calcul pentru cuantificarea activității economico-inginerești din cadrul sistemelor industriale. Prima anexă se referă la indicatori pentru optimizarea sistemelor de energie. Celelalte două anexe conțin nomograme ae calcul pentru cuantificarea fenomenului de așteptare și pentru compensarea puterii reactive la nivelul sistemelor de producție.

Redactarea problemelor s-a făcut în manieră sistemică atît la nivelul părților generale ale lucrării (proiectare, exploatare, prognoză) cît și în cadrul fiecărei părți din cuprins. Astfel după tratarea problemelor de concepție de la nivelul proiectării

Scanned with OKEN Scanner

și montajului instalațiilor industriale se trece la exemplificarea metodelor de exploatare rațională a sistemelor în ideea economisirii resurselor materiale, energetice și a celor umane. Pentru a scoate în evidență modul în care concepția sistemică se reflectă în activitarea funcțională a sistemelor de producție se prezintă algoritmul costurilor de producție care reflectă cheltuielile pe întregul lanț tehnologic (proiectare-montaj-producție) și se trece apoi la tratarea problemelor de prognoză și decizie.

Elaborate sistemic, problemele sînt rezolvate în maniera cercetării operaționale. Nu sînt omise nici problemele legate de teoria cazurilor și nici cele care vizează aplicarea directă în producție a conceptelor ingineriei sistemelor. Ambele tipuri de probleme se rezolvă cu ajutorul modelelor matematice determinist-probabiliste pe baza unor programe alimentate cu date operative, care se pot aplica sistemic la optimizarea sistemelor de producție cu structuri discrete și continue.

Lucrarea se adresează atît studenților de la Institutele tehnice și Economice cît și specialiștilor din producție care sînt confruntați cu optimizarea unor probleme complexe puse de practică.

În încheiere dorim să mulțumim celor care prin observațiile lor au contribuit la definitivarea, redactarea și editarea acestei lucrări și vom fi recunoscători tuturor celor care, aplicînd în practică conceptele de bază ale ingineriei sistemelor, vor contribui prin sugestiile lor la lărgirea sferei de preocupări în acest nou domeniu de activitate.

Autorul

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Cuprins

I. **PROIECTAREA ȘI MONTAJUL INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE** (P. 1 — P. 29) 7

— Alegerea variantei optime de proiectare a sistemelor industriale (P. 1—P. 16)
— Montarea instalațiilor industriale prin aplicarea algoritmelor DRUM CRITIC și PERT (P. 17—P. 29)

II. **UTILIZAREA OPTIMĂ A RESURSELOR MATERIALE ȘI UMANE LA NIVELUL SISTEMELOR INDUSTRIALE** (P. 30—P. 87) 145

— Exploatarea rațională a sistemelor de producție (P. 30—P. 69)
— Algoritmul ingineriei umane la nivelul sistemelor industriale (P. 70—P. 73)
— Algoritmul costului de vînzare al produselor (P. 74—P. 87)

III. **PROGNOZA ȘI DECIZIA ÎN CONDUCEREA SISTEMELOR INDUSTRIALE** (P. 88—P. 110) 309

— Probleme de prognoză la nivelul sistemelor industriale (P. 88—P. 92)
— Probleme de decizie (P. 93—P. 110)

IV. **ANEXE** 409

— *Anexa 1.* Indicatori pentru optimizarea sistemelor de energie
— *Anexa 2.* Nomograme pentru aplicarea teoriei așteptării în diverse calcule economico-inginerești
— *Anexa 3.* Nomograme pentru calculul compensării puterii reactive

V. **BIBLIOGRAFIE** 427

1 PROIECTAREA ȘI MONTAJUL INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

(p. 1—p. 29)

— Alegerea variantei optime de proiectare a sistemelor industriale

— Montarea instalațiilor industriale prin aplicarea algoritmelor „DRUM CRITIC“ și „PERT“

Scanned with OKEN Scanner

Problema 1 a

O centrală termoelectrică de condensație, echipată cu 4 grupuri de cîte 25 MW, destinată a livra sistemului energetic o cantitate de energie electrică $E = 0{,}6 \cdot 10^6$ MWh/an, este proiectată în două variante caracterizate prin următoarele elemente:

	Varianta I ridicați	Varianta II medii
a. Parametrii aburului		
b. Consumul specific de combustibil (t.c.c./MWh)	0,38	0,42
c. Consumul propriu tehnologic de putere și energie al serviciilor interne (%)	9	7
d. Investiția specifică (lei/kWi)	3500	3300
e. Cheltuielile anuale (exclusiv cele de amortizare și cele cu combustibilul).	$18 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6$ [lei/an]

Se cunosc următoarele date:

— Cota de amortizare a investițiilor din C.T.E. 5,3% anual.
— Investiția specifică în C.T.E. ale sistemului 4 500 lei/kWi.
— Consumul specific de putere pentru serviciile interne ale C.T.E. din sistem 8%.
— Investiția specifică pentru deschiderea de mine 1200 lei/t.c.c.
— Costul combustibilului folosit este de 423 lei/t.c.c.

Se cere:

1. Calculul termenului de recuperare.
2. Determinarea cheltuielilor anuale de calcul.
3. Stabilirea variantei optime.

Rezolvare

$$t_{r_{12}} = \frac{I_{t_1} - I_{t_2}}{C_{t_2} - C_{t_1}} \gtrless t_{r_n} = (10 - 12{,}5) \text{ ani}$$

$$I_{t_1} = I_1 + I_{eh};\ I_{t_2} = I_2 + I_m$$

$$C_{t_1} = C_{B_1} + C_{A_1} + C_{dV_1};\ C_{t_2} = C_{B_2} + C_{A_2} + C_{dv_2} + C_{eh}$$

$$I_1 = P_{i_1} \cdot i_{sp_1} = 100 \cdot 10^3 \cdot 3{,}5 \cdot 10^3 = 350 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$I_2 = P_{i_2} \cdot i_{sp_2} = 100 \cdot 10^3 \cdot 3{,}3 \cdot 10^3 = 330 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$I_{eh} = (P_{e_2} - P_{e_1}) \cdot i_{sp}^{eh} \frac{1}{c_{pt}} = (93 - 91) \cdot 10^3 \frac{1}{0{,}92} \cdot 4500 = 9{,}8 \cdot 10^3 \text{ lei}$$

$$I_m = \Delta B \cdot i_{sp}^m = (B_1 - B_2) \cdot i_{sp}^m = 14250 \times 1200 = 17{,}1 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$\Delta B = B_1 - B_2 = 14\,250 \text{ t.c.c./an};$$

$$B_1 = E_{p_1} \cdot q_1 \frac{1}{C_{pt_1}} = \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 0{,}38}{0{,}91} = 250{,}5 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$B_2 = E_{p_2} \cdot q_2 \frac{1}{C_{pt_2}} = \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 0{,}42}{0{,}93} = 264{,}75 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an}$$

$$C_{B_1} = B_1 \cdot p_{c_c} = 250{,}5 \cdot 10^3 \cdot 423 = 111 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{B_2} = B_2 \cdot p_{c_c} = 264{,}75 \cdot 10^3 \cdot 423 = 114{,}2 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{A_1} = 350 \cdot 10^6 \cdot 0{,}053 = 18{,}55 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{A_2} = 330 \cdot 10^6 \cdot 0{,}053 = 17{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{dv_1} = 18 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \; C_{dv_2} = 20 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{eh} = \Delta E \cdot p_c^e = (E_{p_1} - E_{p_2}) p_c^e = 14 \cdot 10^6 \cdot 0{,}25 = 3{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$t_{r_{12}} = \frac{(359{,}8 - 347{,}1) \cdot 10^6}{(155{,}2 - 147{,}5) \cdot 10^6} = \frac{12{,}7}{7{,}7} = 1{,}66 \text{ ani} < 10 \rightarrow V_1$$

$$Z_{t_1} = C_{t_1} + p_n I_{t_1} = (147{,}5 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 359{,}8 \cdot 10^6) = 183{,}48 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_{t_2} = C_{t_2} + p_n I_{t_2} = (155{,}2 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 347{,}1) = 189{,}91 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_{t_1} < Z_{t_2} \rightarrow V_1$$

Întrucît termenul de recuperare calculat $t_{r_{12}} < t_{r_n} = (10 - 12{,}5$ ani) și $Z_{t_1} < Z_{t_2}$ rezultă ca optimă varianta V_1.

Problema 1 b

O centrală electrică de termoficare (C.E.T.) echipată cu turbine cu contrapresiune trebuie să livreze anual o cantitate de căldură 10^6 Gcal. Ea este proiectată în două variante (ambele cu același debit orar de căldură) și anume:

Varianta I corespunde unei centrale cu parametri ridicați ai aburului și prevede montarea a trei grupuri electrogene de cîte 12 MW. Producția de energie electrică corespunzătoare căldurii livrate va fi de $144 \cdot 10^3$ MWh. Consumul specific mediu de combustibil pentru producerea energiei electrice va fi de 0,150 t.c.c./MWh, iar consumul specific mediu pentru căldura livrată va fi de 0,162 t.c.c./Gcal. Consumul de energie electrică al serviciilor interne va fi de 9% din energia electrică produsă.

Centrala poate produce 36 MW corespunzător debitului maxim de căldură a consumatorului termic.

Varianta II corespunde unei centrale cu parametri medii ai aburului și prevede montarea a 5 grupuri electrogene de cîte 6 MW. La un debit de căldură maxim cerut de consumator centrala produce $P_{max} = 27$ MW. Producția anuală de energie corespunzătoare căldurii livrate va fi de $108 \cdot 10^3$ MWh. Consumurile specifice de combustibil vor fi de 0,105 t.c.c./MWh produsă și de 0,172 t.c.c./Gcal livrată. Serviciile interne au un consum de 8% din energia produsă. Investițiile $180 \cdot 10^6$ lei în varianta I și $120 \cdot 10^6$ lei în varianta II. Cheltuielile, exclusiv cele pentru combustibil și amortizări, se consideră egale în cele două variante. Execuția lucrărilor în ambele variante durează un an.

Scanned with OKEN Scanner

Se mai cunosc datele: $C_{am} = 5{,}3\%$; $p^c_{combustibil} = 400$ lei/t.c.c.; $i_{sp} = 3\,000$ lei/kWi; $p^e_c = 0{,}26$ lei/kWh; $q = 0{,}45$ t.c.c./MWh consumul specific mediu de combustibil în centrale de condensație din sistem.

Serviciile interne consumă 7% din energia produsă în fiecare centrală a sistemului.

Investiția specifică medie pentru deschiderea de mine 1200 lei/t.c.c. și an.

Să se determine:

1. Termenul de recuperare.
2. Mărimea cheltuielilor anuale de calcul.
3. Varianta care prezintă eficiența economică maximă.

Rezolvare

$$t_r = \frac{I_1 - I_2}{C_2 - C_1} = \frac{(180 - 170{,}92)\ 10^6}{(46{,}762 - 36{,}72)\ 10^6} < 12{,}5 \text{ ani}$$

Varianta I

$P_{i_1} = 3 \times 12$ MW; $E_1 = 144\,000$ MWh/an; $q_{e_1} = 0{,}155$ t.c.c./MWh;
$P_{max_1} = 36$ MW; $Q_1 = 10^6$ Gcal/an; $q_{t_1} = 0{,}162$ t.c.c./Gcal;
$C_{pt_{si_1}} = 9\%$; $I_1 = 180 \cdot 10^6$ lei; $C_1 = C_{c_1} + C_{a_1} + C_{r_1}$; $C_{r_1} = 0$

Varianta II

$P_{i_2} = 5 \times 6 = 30$ MW; $E_2 = 108\,000$ MWh/an; $q_{e_2} = 0{,}165$ t.c.c./MWh;
$P_{max_2} = 27$ MW; $Q_2 = 10^6$ Gcal/an; $q_{t_2} = 0{,}172$ t.c.c./Gcal;
$C_{pt_{si_2}} = 8\%$; $I_2 = 120 \cdot 10^6$ lei; $C_2 = C_{c_2} + C_{a_2} + C_{r_2}$;
$C_{r_2} = C_{eh} = 0{,}26 \cdot 34{,}1 \cdot 10^6$;

$C^e_{c_1} = 144 \cdot 10^3 \times 0{,}150 \times 400 = 8{,}640 \cdot 10^6$ lei/an;

$C^t_{c_1} = 10^6 \times 0{,}162 \times 400 = 64{,}800 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_{c_1} = C^e_{c_1} + C^t_{c_1} = 73{,}44 \cdot 10^6$ lei/an;

$C^e_{c_2} = 108\,000 \times 0{,}165 \times 400 = 7{,}124 \cdot 10^6$ lei/an;

$C^t_{c_2} = 10^6 \times 0{,}172 \times 400 = 68{,}8 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_{c_2} = C^e_{c_2} + C^t_{c_2} = 75{,}924 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_{a_1} = 180 \cdot \frac{5{,}3}{100} \cdot 10^6 = 9{,}54 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_{a_2} = 120 \cdot 0{,}053 \cdot 10^6 = 6{,}36 \cdot 10^6$ lei/an

$P_1 = 36 \times 0{,}91 = 32{,}8$ MW; $\Delta P = 32{,}8 - 24{,}8 = 8$

$P_2 = 27 \times 0{,}92 = 24{,}8$ MW; $\Delta P_{sist} = \frac{8}{0{,}93} = 8{,}62$ MW

$E_1 = 144 \cdot 10^3 \times 0{,}91 = 131 \cdot 10^3$ MWh

$E_2 = 108 \cdot 10^3 \times 0{,}92 = 99{,}400 \cdot 10^3$ MWh

$\Delta E = 131 \cdot 10^3 - 99{,}4 \cdot 10^3 = 31{,}6 \cdot 10^3$ MWh;

$\Delta E_{sist} = \frac{31{,}6 \cdot 10^3}{0{,}93} = 34{,}1 \cdot 10^3$ MWh

Scanned with OKEN Scanner

$B_1 = 21{,}6 \cdot 10^3 + 16{,}2 \cdot 10^3 = 183{,}6 \cdot 10^3$ t.c.c./an

$B_2 = 17{,}810 \cdot 10^3 + 172 \cdot 10^3 = 189{,}810 \cdot 10^3$ t.c.c./an

$B_{sist} = 34{,}1 \cdot 10^3 \cdot 0{,}45 = 14{,}67$ t.c.c./an

$\Delta B = 189{,}81 \cdot 10^3 - 183{,}6 \cdot 10^3 = 6{,}210$ t.c.c./an

$I_1 = 180 \cdot 10^6$ lei

$I_2 = I_R + i^s_{sp} \cdot \Delta P_s + \Delta B i^m_{sp} + B_s \cdot i^m_{sp} = 170{,}92 \cdot 10^6$ lei

$I_2 = (120 + 25{,}86 + 25{,}06) \cdot 10^6 = 170{,}92 \cdot 10^6$ lei

$C_1 = 36{,}72 \cdot 10^6$ lei/an; $C_2 = 37{,}962 \cdot 10^6 + 34{,}110^6 \times 0{,}26 = 46{,}762 \cdot$

$\cdot 10^6$ lei/an

$Z_1 = 180 \times 0{,}1 \cdot 10^6 + 36{,}72 \cdot 10^6 = 54{,}72$ lei/an

$Z_2 = 170{,}92 \times 0{,}1 + 46{,}762 = 17{,}092 + 46{,}762 = 63{,}854$ lei/an

Întrucît $Z_1 < Z_2$ se alege varianta 1 drept soluție optimă de realizare a centralei electrice de termoficare.

Problema 2

Pentru realizarea unei centrale hidroelectrice în decurs a 4 ani s-au studiat șase variante la care corespund investiții (tabelul 1) în milioane lei.

Tabelul 1

varianta	I	II	III	IV	Observații
0	1	2	3	4	5
1	120	180	260	240	10^6 lei
2	70	100	300	330	10^6 lei
3	—	290	260	250	10^6 lei
4	—	280	250	240	10^6 lei
5	—	200	250	320	10^6 lei
6	—	—	450	400	10^6 lei

Coeficientul normat de eficiență $p_n = (0{,}08 \div 0{,}1)$ an^{-1}. Cheltuielile anuale sînt aceleași în toate variantele.

Se cere:

1. Exprimarea matematică a cheltuielilor anuale de calcul.
2. Determinarea variantei optime pentru realizarea centralei hidroelectrice, ținînd seama de efectul actualizării investițiilor.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

1. Criteriul de comparare al variantelor (1 — 6) se poate scrie sub următoarele forme:

$$Z_{c_1} = C_{c_1} + p_n I_{c_1} \qquad Z_{c_4} = C_{c_4} + p_n I_{c_4}$$

$$Z_{c_2} = C_{c_2} + p_n I_{c_2} \qquad Z_{c_5} = C_{c_5} + p_n I_{c_5}$$

$$Z_{c_3} = C_{c_3} + p_n I_{c_3} \qquad Z_{c_6} = C_{c_6} + p_n I_{c_6}$$

2. Întrucît cheltuielile anuale sînt aceleași în toate variantele se calculează investițiile raportate și se găsește soluția cu eficiența maximă cînd $I_r =$ minim.

Investiții raportate: $I_r = \sum_{i}^{q-r} I_{r+1} (1 + p_n)^{q-r-i}$

$I_{r_1} = 10^6 [120 (1 + 0{,}1)^3 + 180 (1 + 0{,}1)^2 + 260 (1 + 0{,}1)^1 + 240 (1 + 0{,}1)]$

$V_1 \rightarrow r = 0;\ q = 4;\ i = 1, 2, 3, 4$

$I_{r_1} = (159{,}5 + 218 + 286 + 240)\ 10^6 = 903{,}5 \cdot 10^6$ lei

$I_{r_2} = [70 (1 + 0{,}1)^3 + 100 (1 + 0{,}1)^2 + 300 \times 1{,}1 + 330] \cdot 10^6 = 87{,}4 \cdot 10^6$ lei.

$V_2 \rightarrow r = 0;\ i = 1, 2, 3, 4$

$I_{r_3} = (290 \times 1{,}1^2 + 260 \times 1{,}1 + 250) \cdot 10^6 = (351 + 286 + 250) \cdot 10^6 =$

$= 887 \cdot 10^6$ lei; $V_3 \rightarrow r = 1;\ i = 1, 2, 3$

$I_{r_4} = (280 \times 1{,}1^2 + 250 \times 1{,}1 + 240)\ 10^6 = (339 + 275 + 240) \cdot 10^6 =$

$= 854 \cdot 10^6$ lei; $V_4 \rightarrow r = 1;\ i = 1, 2, 3$

$I_{r_5} = (200 \times 1{,}1^2 + 250 \times 1{,}1 + 320) \cdot 10^6 = (242 + 275 + 320) \cdot 10^6 =$

$= 837 \cdot 10^6$ lei; $V_5 \rightarrow r = 1, 2;\ i = 1, 2$

$I_{r_6} = (450 \times 1{,}1 + 400) \cdot 10^6 = (495 + 400)\ 10^6 = 895 \cdot 10^6$ lei

Soluția 5 care are $I_{r_5} =$ minim prezintă eficiența economică cea mai mare.

Investiții neraportate

Dacă se adună investițiile fără a se ține seama de actualizare, atunci se obțin valorile:

$I_1 = I_2 = I_3 = 800 \cdot 10^6$ lei

$I_1 = (120 + 180 + 260 + 240) \cdot 10^6 = 800 \cdot 10^6$ lei

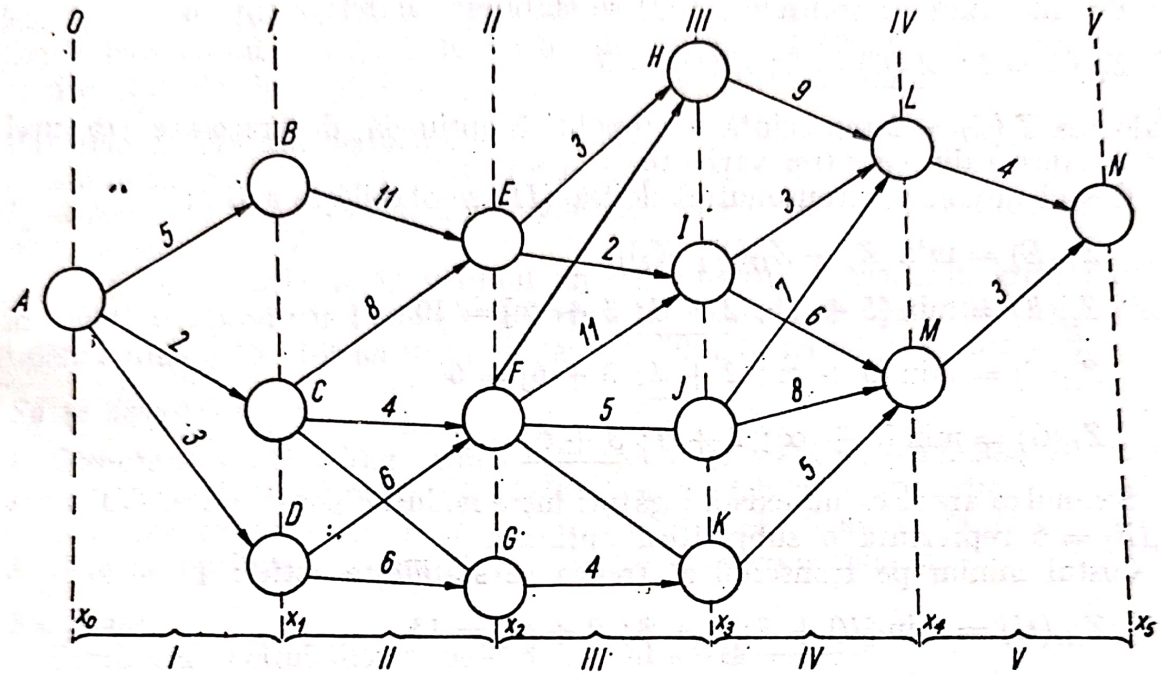
$I_4 = I_5 = 770 \cdot 10^6$ lei

3. Întrucît $I_{r_5} = 837 \cdot 10^6$ lei $< I_{r_4} = 854 \cdot 10^6$ lei rezultă ca economică varianta 5.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 3

Pentru stabilirea traseului optim al unei linii electrice se aplică principiul optimalității, cînd modelul are caracter staționar pe graful din figura 1.



Costurile diverselor activități se presupun cunoscute și sînt figurate în graf deasupra săgeților care leagă începutul și sfîrșitul unui eveniment.

Se cere:

1. Formularea principiului optimalității în condițiile de certitudine și incertitudine.
2. Stabilirea costului minim și maxim pentru activitățile din graful figurii 1.
3. Determinarea drumului optim pentru traseul liniei electrice considerate.

Rezolvare

a. Principiul optimalității se formulează astfel:

1.1. *Condiții de certitudine:*
Orice politică optimală nu poate fi formată decît din subpolitici optimale.

1.2. *Condițiile de incertitudine:*
Orice strategie probabilistă optimă trebuie să fie formată din substrategii probabiliste optime.

Programarea optimală după principiul Bellman se aplică la probleme ce se pot desfășura pe faze sau secvențe. Fiecare fază din prezent depinde de faza anterioară și de faza care urmează. Împărțirea pe faze (secvențe) a problemelor caracteristică programării dinamice se conservă și se poate aplica în cazuri deterministe în care nu intervine o evoluție în timp a evenimentelor.

Scanned with OKEN Scanner

b. Modelul cheltuielilor pentru realizarea liniei electrice are forma:

$$Z(X_0, X_1 X_2, X_3, X_4, X_5) = Z_I(X_0, X_1) + Z_{II}(X_1, X_2) + Z_{III}(X_2, X_3) + + Z_{IV}(X_3, X_4) + Z_V(X_4, X_5)$$

Costul minim al tronsonului (I) se stabilește astfel:

$$Z_I(B) = 5;\ \underline{Z_I(C) = 2};\ Z_I(D) = 3$$

Valoarea $Z_I(C) = 2$ reprezintă o subpolitică optimală, deoarece are cea mai mică valoare din cele trei variante.

Costul minim pe tronsonul al doilea (II) se stabilește astfel:

$$Z_{II}(E) = \min [Z_I + Z_{II}(X_1\ X_2)]$$

$$Z_{II}(E) = \min [5 + 11;\ \underline{2 + 8};\ 3 + \infty] = 10$$

$$Z_{II}(F) = \min [5 + \infty;\ \underline{2 + 4};\ 3 + 6] = 6$$

$$Z_{II}(G) = \min [5 + \infty;\ 2 + 9;\ \underline{3 + 6}] = 9$$

Semnul ∞ arată că nu există legături între nodurile considerate. Valoarea $Z_{II}(F) = 6$ reprezintă o subpolitică optimală.

Costul minim pe tronsonul al treilea se stabilește astfel:

$$Z_{III}(H) = \min [\underline{10 + 3};\ 6 + 8;\ 9 + \infty] = 13$$

$$Z_{III}(I) = \min [Z_{II} + Z_{III}(X_2X_3)];\ Z_{III}(J) = \min [10 + \infty;\ \underline{6 + 5};$$

$$9 + \infty] = 11$$

$$Z_{III}(I) = \min [\underline{10 + 2};\ 6 + 11;\ 9 + \infty] = 12$$

$$Z_{III}(K) = \min [10 + \infty;\ 6 + 9;\ 9 + 4] = 13$$

Mărimea lui $Z_{III}(J) = 11$ indică o subpolitică optimală.

Costul minim pentru tronsonul al patrulea (IV-lea) se calculează astfel:

$$Z_{IV}(L) = \min [Z_{III} + Z_{IV}(X_3, X_4)]$$

$$Z_{IV}(L) = \min [13 + 9;\ 12 + 3;\ 11 + 7;\ 13 + \infty] = 15$$

$$Z_{IV}(M) = \min [13 + \infty;\ 12 + 6;\ 11 + 8;\ 13 + 5] = 18$$

Subpolitica optimală este dată de $Z_{IV}(L) = 15$.

Costul minim pe ultimul tronson, al cincilea se stabilește astfel:

$$Z_V(N) = \min [Z_{IV} + Z_V(X_4,\ X_5)] = \min [15 + 4;\ 18 + 4] = 19$$

Costul total minim este $Z_V = 19$ unități valorice.

Costul maxim se stabilește aplicînd același procedeu și rezultă

$$Z_V(N) = \max [Z_{IV} + Z_V(X_4, X_5)] = 32 \text{ u.v.}$$

c. Drumul optim reclamă cheltuieli minime și se stabilește pe traseul la care costul total este $Z_V = 19$ u.v.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 4

Se proiectează o centrală hidroelectrică în două variante; la profilul final al lucrărilor, produce aceeaşi cantitate de energie electrică.

Varianta A. Lucrările de contrucţie-montaj plus probele tehnologice durează 3 ani. Investiţiile de $1200 \cdot 10^6$ lei se eşalonează în timp astfel: $I_1 = 300 \cdot 10^6$ lei; $I_2 = 400 \cdot 10^6$ lei; $I_3 = 500. \cdot 10^6$ lei. Începerea construcţiei în varianta (A) întîrzie cu un an faţă de lucrările din varianta B. Cheltuielile anuale echivalate sînt de $30 \cdot 10^6$ lei.

Varianta B. Durata lucrărilor este de 4 ani. Investiţiile de 10^9 lei sînt eşalonate în timp astfel: $I_1 = 200 \cdot 10^6$ lei; $I_2 = 300 \cdot 10^6$ lei; $I_3 = 300 \cdot 10^6$ lei; $I_4 = 200 \cdot 10^6$ lei. Cheltuielile anuale echivalate pe profilul final sînt de $40 \cdot 10^6$ lei.

În ambele variante în ultimul an de construcţii, centrala intră parţial în funcţiune, producînd energie electrică în valoare de $100 \cdot 10^6$ lei cu cheltuielile anuale $15 \cdot 10^6$ lei în varianta A şi $20 \cdot 10^6$ lei/an în varianta B.

Să se determine:

1. Structura cheltuielilor anuale de calcul şi valoarea indicilor $(r; l; q)$, care intervin în funcţia de eficienţă a modelului matematic.
2. Valoarea cheltuielilor anuale de calcul în cele două variante.
3. Soluţia optimă din punct de vedere tehnico-economic.

Rezolvare

1. Structura cheltuielilor anuale de calcul arată astfel:

$$Z_A = C_A + p_n I_{r_A} = C_A + p_n \left[\sum_i^{q-r} I_{r+i}^{(A)} (1 + p_n)^{q-r-i} - \sum_i^{q-l} (V_b - C_p)_A (1 + p_n)^{q-1-i} \right]$$

$$Z_B = C_B + p_n I_{rB} = C_B + p_n \left[\sum_i^{q-r} I_{r+i}^{(B)} (1 + p_n)^{q-r-i} - \sum_i^{q-l} (V_b - C_p)_B (1 + p_n)^{q-l-i} \right]$$

$[I_{eh}^A = 0;\ I_{eh}^B = 0;\ r_A = 1;\ 1_A = 3;\ q_A = 4;\ q_B = 4;\ r_B = 0;\ l_B = 3]$

2. Valoarea cheltuielilor anuale de calcul se determină astfel:

$$Z_A = 30 \cdot 10^6 + 0{,}1 \left[\sum_i^{4-1} I_{1+i}^A (1+0{,}1)^{4-1-i} - \sum_i^{4-3} (V_b - C_p)_A \times (1+0{,}1)^{4-3-i} \right] \cdot 10^6$$

$$Z_A = 30 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 10^6 [300 \cdot 1{,}1^{4-1-1} + 400 \cdot 1{,}1^{4-1-2} + 500 - $$
$$- (100 - 15)(1 + 0{,}1)^{4-3-1}] = 160 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_A = 160 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_B = C_B + p_n \left[\sum_i^{q-r} I_{r+i} (1 + p_n)^{q-r-i} - \sum_i^{q-l} (V_b - C_p)(l + p_n)^{q-l-j} \right]$$

$$Z_B = 40 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 10^6 [200(1 + 0{,}1)^3 + 300 (1 + 0{,}1)^2 + 300 (1 + $$
$$+ 0{,}1) + 200 - (100 - 20)(1 + 0{,}1)^{4-3-1}] = 151 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_B = 151 \cdot 10^6 \text{ lei/an} < Z_A = 160 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Scanned with OKEN Scanner

3. Se alege Varianta (B) drept optimă pentru că are cheltuielile de calcul (Z_B) mai mici decît în cazul variantei (A).

Problema 5

Un obiectiv industrial se proiectează în șase variante echivalente din punct de vedere al volumului anual de producție. Se dă $t_{r_n} = (10 — 12{,}5)$ ani.

Tabelul 2

Varianta	Investiții 10^6 lei	Cheltuieli anuale 10^6 lei/an
0	1	2
1	120	49
2	170	43
3	124	47
4	100	50
5	148	45
6	140	47

Se cere:

Stabilirea variantei care prezintă eficiență maximă prin calcularea termenului de recuperare și a cheltuielilor anuale de calcul.

Rezolvare

1. În vederea comparării celor șase variante se aranjează investițiile și cheltuielile anuale după următoarea schemă:

$$I_4 < I_1 < I_3 < I_5 < I_2$$

$$C_4 > C_1 > C_3 > C_5 > C_2$$

2. Varianta 6 se elimină întrucît are la cheltuieli egale investiții mai mari decît varianta 3.

Investițiile și cheltuielile pentru celelalte variante se reașează astfel:

4 — 100 — 50

1 — 120 — 49

3 — 124 — 47

5 — 148 — 45

2 — 170 — 43

Calculul termenului de recuperare se face astfel:

$$t_{r_{4-1}} = \frac{120 - 100}{50 - 49} = 20 > 10 \text{ ani. Se alege varianta 4.}$$

$$t_{r_{4-1}} = \frac{124 - 100}{50 - 47} = \frac{24}{3} = 8 < 10. \text{ Se alege varianta 3.}$$

Scanned with OKEN Scanner

$t_{r_{3-5}} = \frac{148 - 124}{47 - 45} = \frac{24}{2} = 12 > 10$. Se alege varianta 3.

$t_{r_{3-2}} = \frac{170 - 124}{47 - 43} = \frac{46}{4} = 11{,}5 > 10$. Se alege varianta 3.

3. Determinarea cheltuielilor anuale de calcul (Z).

$Z_1 = C_1 + p_n I_1 = (49 + 0{,}1 \times 120) \cdot 10^6 = 61 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_2 = (43 + 0{,}1 \cdot 170) \cdot 10^6 = (43 + 17) \cdot 10^6 = 60 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_3 = (47 + 0{,}1 \cdot 124) \cdot 10^6 = 59{,}4 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_4 = (50 + 0{,}1 \cdot 100) \cdot 10^6 = 60 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_5 = (45 + 0{,}1 \cdot 148) \cdot 10^6 = 59{,}8 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_6 = (47 + 0{,}1 \cdot 140) \cdot 10^6 = 61 \cdot 10^6$ lei/an

Se alege varianta *3* pentru că are $Z_3 = 59{,}4 \cdot 10^6$ lei/an, valoarea cea mai mică a cheltuielilor de calcul.

4. Varianta (V_3) se adoptă ca optimă deoarece rezultatul obținut prin calcularea termenului (t_r) s-a confirmat și prin criteriul cheltuielilor de calcul (Z). Dacă $t_{r_n} = 12{,}5$ ani atunci $V_{optim} = V_2$.

Problema 6

Se preconizează realizarea unei centrale hidroelectrice care să producă la profilul final — indiferent de variante, o cantitate de energie electrică în valoare de $2 \cdot 10^8$ lei/an.

Pentru construirea centralei se prevăd două variante:

A. Termen de realizare 3 ani. Investiția totală $I_A = 12 \cdot 10^8$ lei este eșalonată anual cu valorile $I_{A_1} = 3 \cdot 10^8$; $I_{A_2} = 4 \cdot 10^8$; și $I_{A_3} = 5 \cdot 10^8$ lei. Începerea construcției în varianta A se face după un an de la începerea lucrărilor în varianta (B) cu care se compară. Cheltuielile anuale totale echivalente pentru profilul final sînt de $3 \cdot 10^7$ lei/an.

B. Termen de realizare 4 ani. Investiția totală $I_B = 10^9$ lei este eșalonată anual cu valorile: $I_{B_1} = 2 \cdot 10^8$ lei; $I_{B_2} = 3 \cdot 10^8$ lei; $I_{B_3} = 3 \cdot 10^8$ lei; $I_{B_4} = 2 \cdot 10^8$ lei. Cheltuielile anuale echivalate pe profilul final sînt de $4 \cdot 10^7$ lei/an.

În ambele variante în ultimul an de construcție centrala intră parțial în funcțiune, producînd energie electrică în valoare de 10^8 lei/an cu cheltuieli anuale de $15 \cdot 10^6$ lei în varianta A și $20 \cdot 10^6$ lei în varianta B.

Să se determine:

1. Structura cheltuielilor anuale de calcul și valoarea indicilor caracteristici pentru cele două situații.
2. Valorile cheltuielilor anuale de calcul pentru variantele care se compară.
3. Soluția optimă din punct de vedere tehnico-economic.

Scanned with OKEN Scanner

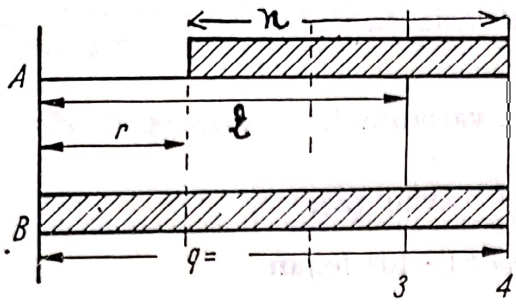


Fig. 2

Rezolvare

$$1.\ Z = C_s^{ech} + p_n\left[\sum_{i=1}^{q-r} I_i(1+p_n)^{q-r-i} + I_{ech}^E - \sum_{i=1}^{q-l}(V-C)_i\ (1+p_n)^{q-l-i}\right]$$

$$q_A = 4 \text{ ani} = n_A = q_B$$
$$r_A = 1;\ l_A = 3 = l_B$$
$$r_B = 0;\ I_{q_A}^E = I_{q_B}^E = 0$$

Tabelul 3

Denumirea / Soluția	A	B
Termen de realizare	3 ani	4 ani
Investiția	$1{,}2 \cdot 10^9$	10^9
Eșalonarea investițiilor	I — — II — $300 \cdot 10^6$ III — $400 \cdot 10^6$ IV — $500 \cdot 10^6$	$200 \cdot 10^6$ $300 \cdot 10^6$ $300 \cdot 10^6$ $200 \cdot 10^6$
Cheltuieli anuale	$30 \cdot 10^6$	$40 \cdot 10^6$
Venitul brut	$V_A = 10^8$	$V_B = 10^8$
Cheltuieli suplimentare pentru grupurile intrate parțial în funcțiune	$15 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6$

$$Z_A = C_A^e + p_n\left[\sum_{i=1}^{q-r} I_i\ (1+p_n)^{q-r-i} - \sum_{i=1}^{q-l}(V-C)\ (1+p_n)^{q-l-i}\right]$$

$$Z_B = C_B^e + p_n\left[\sum_{i=1}^{q-r} I_i(1+p_n)^{q-r-i} - \sum_{i=1}^{q-l}(V-C)\ (1+p_n)^{q-l-i}\right]$$

2. Valorile cheltuielilor de calcul se determină astfel:

$$Z_A = 30 \cdot 10^6 + 0{,}15\ [(300 \cdot 10^6 \cdot 1{,}15^2 + 400 \cdot 10^6 \cdot 1{,}15 \cdot 10^6 + 500 \cdot 10^6 \cdot 0{,}15 - 1\ (10^8 - 15 \cdot 10^6)]$$

$$Z_B = 40 \cdot 10^6 + 0{,}15\ [200 \cdot 10^6 \cdot 1{,}15^3 + 300 \cdot 10^6 \cdot 1{,}15^2 + 300 \cdot 10^6 \cdot 0{,}15^1 + 200 \cdot 10^6 \cdot 1{,}15^0 - (10^8 - 2 \cdot 10^7)]$$

$$Z_A = 30 \cdot 10^6 + 0{,}15\ [425 \cdot 10^6 + 50{,}8 \cdot 10^6 + 562 \cdot 10^6 - 85 \cdot 10^6] = 186 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_B = 40 \cdot 10^6 + 0{,}15\ [(410 + 429 + 381 + 225 - 80)] \cdot 10^6 = 181 \cdot 10^6$$

3. Se alege varianta B ca soluție optimă, întrucît $Z_B < Z_A$.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 7

Pentru a scoate în evidență modul de aplicare a criteriului cheltuielilor de calcul (Z) la compararea variantelor din punct de vedere tehnico-economic, se consideră trei situații și anume:

I. Lucrările de construire a două centrale Diesel electrice se execută și se pun în funcțiune într-un singur an. Investițiile și cheltuielile anuale în cele două variante au valorile:

Tabelul 4

Varianta	Investiția echivalentă	Cheltuiala anuală echivalată
A	$I_A^E = 6 \cdot 10^6$ lei	$C_A^E = 0{,}9 \cdot 10^6$ lei/an
B	$I_B^E = 7 \cdot 10^6$ lei	$C_B^E = 0{,}7 \cdot 10^6$ lei/an

II. Lucrările de realizare a unei centrale hidroelectrice în două variante sînt eșalonate în timp cu același termen final de punere în funcțiune. În ambele variante se produce la profilul final aceeași cantitate de energie electrică de $200 \cdot 10^6$ lei/an.

În ambele variante în ultimul an de construcție, centralele intră parțial în funcțiune, producînd energie în valoare de 10^8 lei/an cu cheltuieli anuale $C_A^S = 15 \cdot 10^6$ lei/an și $C_B^S = 20 \cdot 10^6$ lei/an. Datele de calcul pentru cele două variante A și B se dau astfel:

Varianta A. Termen de realizare 3 ani. Investițiile $I_A^E = 12 \cdot 10^8$ lei sînt eșalonate astfel: $I_{A_1}^E = 3 \cdot 10^8$ lei; $I_{A_2}^E = 4 \cdot 10^8$ lei; $I_{A_3}^E = 5 \cdot 10^8$ lei. Cheltuielile anuale $C_A^E = 3 \cdot 10^7$ lei/an. Începerea construcției întîrzie cu un an față de lucrările din Varianta B.

Varianta B. Termen de realizare 4 ani. Investițiile $I_B^E = 10^9$ lei sînt eșalonate astfel: $I_{B_1}^E = 2 \cdot 10^8$ lei; $I_{B_2}^E = I_{B_3}^E = 3 \cdot 10^8$ lei; $I_{B_4}^E = 2 \cdot 10^8$ lei. Cheltuielile anuale $C_B^E = 4 \cdot 10^7$ lei/an.

III. Se compară o centrală termo cu una hidroelectrică, care produc în final aceeași cantitate de energie de $200 \cdot 10^6$ lei/an.

Varianta A. C.T.E Lucrările încep în același an. Termen de realizare 3 ani. Investițiile $I_A^E = 25 \cdot 10^7$ lei sînt eșalonate astfel: $I_{A_1}^E = 5 \cdot 10^7$ lei. $I_{A_2}^E = 10^8$ lei $= I_{A_3}^E$. Cheltuielile anuale $C_A^E = 45 \cdot 10^6$ lei/an.

Varianta B. (C.H.E.). Termen de realizare 5 ani. Investițiile $I_B^E = 4 \cdot 10^8$ lei sînt eșalonate astfel: $I_{B_1}^E = 5 \cdot 10^7$; $I_{B_2}^E = 8 \cdot 10^7$ lei; $I_{B_3}^E = 10^8$ lei; $I_{B_4}^E = 1{,}2 \cdot 10^8$ lei; $I_{B_5}^E = 5 \cdot 10^7$ lei.

Cheltuielile anuale: $C_B = 24 \cdot 10^6$ lei/an.

În ultimul an de construcție centralele intră parțial în funcțiune producînd energie cu venituri: $V_A = 6 \cdot 10^7$ lei/an și $V_B = 8 \cdot 10^7$ lei/an și cheltuieli suplimentare $C_A^S = 2 \cdot 10^7$ lei/an; $C_B^S = 2{,}4 \cdot 10^6$ lei/an.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine:

1. Relațiile de calcul pentru (Z) din cele trei situații.
2. Soluția adecvată din punct de vedere tehnico-economic.

Rezolvare

I. Centralele Diesel se realizează și se pun în funcțiune în același an.

$$(A)\quad \begin{matrix} I_A = 6 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ C_A = 0{,}9 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{matrix} \qquad (B)\quad \begin{matrix} I_B = 7 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ C_B = 0{,}7 \cdot 10^6 \text{ lei/an.} \end{matrix}$$

$$Z_A = C_A + pI_A = 1{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \qquad Z_B = C_B + pI_B = 1{,}4 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Se preferă varianta B față de A, întrucît are $Z_B < Z_A$.

II. Centralele hidroelectrice produc la profilul final aceeași cantitate de energie de $200 \cdot 10^6$ lei/an, deci sînt echivalente din punct de vedere energetic.

Indicii și relațiile pentru Z_A; Z_B

$A.\ q = 4;\ r^A = 1;\ l^A = 3;$

$B.\ q = 4;\ r^B = 0;\ l^B = 3;$

$$Z_A = 30 \cdot 10^6 + 0{,}1\left[\sum_{i=1}^{4-1} I_{l+i}(1 + 0{,}1)^{4-l-i} - \sum_{i=1}^{4-3} (V - C)_{3+i}(1 + 0{,}1)^{4-3-i}\right]$$

$$Z_A = 30 \cdot 10^6 + 0{,}1\,[300\,(1 + 0{,}1)^2 + 400\,(1 + 0{,}1) + 500 - (100 -$$

$$- 15) \cdot 10^6] = 151{,}8 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$$Z_B = 40 \cdot 10^6 + 0{,}1\left[\sum_{i=1}^{4} I_i^B(1 + 0{,}1)^{4-i} - \sum_{i=1}^{4-3} (V - C)_{3+i}^B(1 + 0{,}1)^{4-3-i}\right]$$

$$Z_B = 40 \cdot 10^6 + 0{,}1\,[200(1 + 0{,}1)^3 + 300\,(1 + 0{,}1)^2 + 300(1 + 0{,}1) +$$

$$+ 200 - (100 - 20)] \cdot 10^6$$

$$Z_B = 147 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Se preferă varianta B întrucît $Z_B < Z_A$.

III. Centralele hidro și termo care se compară produc în final aceeași cantitate de energie de $200 \cdot 10^6$ lei/an.

Indicii și relațiile pentru Z_A; Z_B.

Varianta A. $q = 5$ ani; $l^A = 4$ ani

Scanned with OKEN Scanner

Varianta B. $q = 5$ ani; $l^B = 4$ ani

$$Z_A = 45 \cdot 10^6 + 0{,}1\left[\sum_{i=1}^{3} I_A(1 + 0{,}1)^{3-i} - \sum_{i=1}^{5-4} (V - C)^A_{4+i}(1 + 0{,}1)^{5-4-i}\right]$$

$$Z_A = 45 \cdot 10^6 + 0{,}1\,[50\,(1 + 0{,}1)^4 + 100\,(1 + 0{,}1)^3 + 100\,(1 + 0{,}1)^2 -$$
$$- (60 - 20)(1 + 0{,}1)^2 - (60 - 20)] \cdot 10^6 = 56 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_B = 24 \cdot 10^6 + 0{,}1 \sum_{i=1}^{5} I^B_i(1 + 0{,}1)^{5-i} - \sum_{i=1}^{5-4} (V - C)^B_{4+i}(1 + 0{,}1)^{5-4-i}$$

$$Z_B = 24 \cdot 10^6 + 0{,}1\,[50(1 + 0{,}1)^4 + 80\,(1 + 0{,}1)^3 + 100\,(1 + 0{,}1)^2 +$$
$$+ 120\,(1 + 0{,}1) + 50 - (80 - 24)] \cdot 10^6 = 65 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Se preferă varianta A, întrucît $Z_A < Z_B$.

Problema 8

Proiectarea a două centrale termoelectrice și două linii electrice aeriene se poate face în două variante și se cere alegerea variantei economice, cunoscînd datele:

1. Centralele termoelectrice vor produce la profilul final energie electrică în valoare de $7{,}2 \cdot 10^8$ lei/an.

Soluția A. Termen de realizare 4 ani. $I^E_A = 9{,}3 \cdot 10^8$ lei eșalonate anual: $I^E_{A_1} = 10^8$ lei; $I^E_{A_2} = I^E_{A_3} = 3 \cdot 10^8$ lei; $I^E_{A_4} = 2{,}3 \cdot 10^8$ lei. În al treilea an de la începerea lucrărilor centrala funcționează parțial, aducînd un venit de $2{,}4 \cdot 10^8$ lei/an, cu cheltuieli suplimentare $C^s_A = 65 \cdot 10^6$ lei/an. În anul al patrulea centrala va produce energie în valoare de $4{,}8 \cdot 10^8$ lei/an, cu cheltuieli suplimentare $1{,}25 \cdot 10^8$ lei/an. Cheltuielile anuale pe profilul final vor fi $C^E_A = 1{,}8 \cdot 10^8$ lei/an.

Soluția B. Termen de realizare 3 ani. $I^E_B = 8{,}4 \cdot 10^8$ lei, eșalonate anual astfel: $I^E_{B_1} = 2{,}5 \cdot 10^8$ lei; $I^E_{B_2} = 3{,}4 \cdot 10^8$ lei; $I^E_{B_3} = 2{,}5 \cdot 10^8$ lei. Începerea lucrărilor se face cu doi ani mai tîrziu decît în A. După doi ani de la începerea lucrărilor centrala intră parțial în funcțiune, producînd energie electrică cu un venit $V_B = 2{,}8 \cdot 10^8$ lei/an; $C^s_B = 7 \cdot 10^7$ lei/an. Cheltuielile anuale ale centralei pentru profilul final sînt $1{,}55 \cdot 10^8$ lei/an.

2. Liniile electrice transportă în prima etapă și în etapa finală aceeași cantitate de energie electrică.

Soluția A. Linie simplu circuit realizată într-un an cu:
$I^E_{A_1} = 2 \cdot 10^7$ lei; $C^E_{A_1} = 1{,}2 \cdot 10^6$ lei/an. După opt ani de la începerea construcției se realizează într-un an o altă linie cu simplu circuit cu $I^E_{A_2} = 2 \cdot 10^7$ lei; $C^E_{A_2} = 1{,}4 \cdot 10^6$ lei/an.

Scanned with OKEN Scanner

Soluția B. Linie cu dublu circuit echipată în prima etapă cu un circuit $I^E_{B_1} = 2{,}5 \cdot 10^7$ lei realizată într-un an și $C^E_{B_1} = 1{,}4 \cdot 10^6$ lei/an. Peste opt ani se montează al doilea circuit cu $I^E_{B_2} = 10^7$ lei realizată într-un an; $C^E_{B_2} = 2 \cdot 10^6$ lei/an.

Să se determine:

1. Cheltuielile anuale de calcul pentru centralele și rețelele care se compară.
2. Soluția optimă din punct de vedere tehnico-economic.

Rezolvare.

1. Centralele termoelectrice produc la profilul final aceeași cantitate de energie în valoare de $720 \cdot 10^6$ lei/an.

Indicii $A \rightarrow q = 5$ ani; $n^A = 4$ ani; $l^A = 2$ ani.

$B \rightarrow q = 5$ ani; $n^B = 2$ ani; $l^B = 4$ ani

Cheltuieli anuale de calcul

$$Z_A = 180 \cdot 10^6 + 0{,}1 \left[\sum_{i=1}^{4} I^A_{l+1}(1 + 0{,}1)^{5-i} - \sum_{i-1}^{5-2} (V - C)^A_{2+i}(1 + 0{,}1)^{5-q-i} \right]$$

$$Z_A = 180 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 10^6 [100\,(1 + 0{,}1)^4 + 300\,(1 + 0{,}1)^3 + 300\,(1 + 0{,}1)^2 + 230\,(1 + 0{,}1) - (240 - 65)(1 + 0{,}1)^2 - (480 - 125)(1 + 0{,}1) - (480 - 125)] = 200 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_B = 155 \cdot 10^6 + 0{,}1 \left[\sum_{i=1}^{5-2} I^B_{2+i}(1 + 0{,}1)^{5-2-i} - \sum_{i=1}^{5-4} (V - C)^B_{4 \div i}(1 + 0{,}1)^{5-4-i} \right]$$

$$Z_B = 155 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 10^6 [250\,(1 + 0{,}1)^3 + 340\,(1 + 0{,}1) + 250 - (280 - 70)] = 230 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Se preferă soluția A întrucît $Z_A < Z_B$.

2. Liniile transportă aceeași cantitate de energie la profilul final.

Indicii $\nearrow A\ q = 9;\ r'_A = 0;\ r''^A_A = 8;\ n'_A = 1;\ l^A = 1$

$\searrow B\ q = 9;\ r'_B = 0;\ r''_B = 8;\ n'_B = 1;\ l^B = 1$

Cheltuieli anuale de calcul

$$Z_A = 1{,}4 \cdot 10^6 + 0{,}1 \left[\sum_{i=1}^{9-8} I^A_{8+i}(1 + 0{,}1)^{9-8-i} + \sum_{i=1}^{1} I^A_i\,(1+0{,}1)^{9-i} \right] - 0{,}1 \sum_{i=1}^{9-1} (V - 1{,}2)\,(1 + 0{,}1)^{9-1-i}$$

$$Z_B = 2 \cdot 10^6 + 0{,}1 \left[\sum_{i=1}^{1} I^B_i\,(1 + 0{,}1)^{9-i} + \sum_{i=1}^{9-8} I^B_{8+1}(1 + 0{,}1)^{9-8-i} \right] - 0{,}1 \sum_{i=1}^{9-1} (V - 1{,}4)(1 + 0{,}1)^{9-1-i}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$Z_A = 1{,}4 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 10^6 [20\,(1 + 0{,}1)^8 + 20] + 0{,}1 \cdot 10^6 [1{,}2\,(1 + + 0{,}1)^7 + 1{,}2\,(1 + 0{,}1)^6 + 1{,}2\,(1 + 0{,}1)^5 + 1{,}2\,(1 + 0{,}1)^4 + 1{,}2\,(1 + 0{,}1)^3 + 1{,}2\,(1 + 0{,}1)^2 + 1{,}2\,(1 + 0{,}1) + 1{,}2] - 0{,}1 \sum_{1}^{8} V_{1+i}\,(1 + 0{,}1)^{9-i}$$

$$Z_A = \left[10{,}06 - \sum_{i=1}^{8} V_{1+i}(1 + 0{,}1)^{9-i}\right] \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$Z_B = 2 \cdot 10^6 + 0{,}1\,[25\,(1 + 0{,}1)^2 + 10] + 0{,}1\,[1{,}4\,(1 + 0{,}1)^7 + 1{,}4\,(1 + + 0{,}1)^6 + 1{,}4\,(1 + 0{,}1)^5 + 1{,}4\,(1 + 0{,}1)^4 + 1{,}4\,(1 + 0{,}1)^3 + 1{,}4\,(1 + + 0{,}1)^2 + 1{,}4\,(1 + 0{,}1) + 1{,}4] - 0{,}1 \sum_{i=1}^{8} V_{1+i}(1 + 0{,}1)^{9-i}$$

$$Z_B = \left[9{,}53 - \sum_{i=1}^{8} V_{1+i}(1 + 0{,}1)^{9-i}\right] \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Rezultă mai economică soluția B întrucît $Z_B < Z_A$.

Problema 9

Pentru legarea la sistemul energetic a unei C.T.E. este necesar să se construiască o instalație de transport de energie electrică. Pentru a corespunde etapelor de punere în funcțiune a capacităților din centrală, instalația de transport trebuie să poată evacua din centrală o putere P, respectiv o energie E în decurs de trei ani și respectiv o putere $2P$ și o energie $2E$ în anul al patrulea. Pentru construirea instalației de transport se prevăd trei variante și anume:

Varianta I. Se construiește în primul an o linie cu simplu circuit, pentru o putere P, iar în anul al treilea se mai construiește o linie identică.

Investițiile în fiecare linie sînt de $400 \cdot 10^6$ lei, iar cheltuielile anuale în primii trei ani vor fi de $29{,}5 \cdot 10^6$ lei/an, iar în anul al patrulea de $58 \cdot 10^6$ lei/an.

Varianta II. Se construiește în primul an o linie cu stîlpi pentru două circuite, fiecare pentru o putere P, dar se montează un singur circuit. Cel de-al doilea circuit se montează în anul al treilea. Investiția în primul an este de $550 \cdot 10^6$ lei, iar în anul al treilea de $100 \cdot 10^6$ lei. Cheltuielile anuale vor fi de $38{,}25 \cdot 10^6$ lei/an în primii trei ani și de $49{,}5 \cdot 10^6$ lei/an în anul al patrulea.

Varianta III. Se construiește în primul an o linie electrică dublu circuit fiecare pentru puterea (P), cu ambele circuite montate inițial. Investițiile vor fi de $625 \cdot 10^6$ lei. Cheltuielile anuale vor fi în primii trei ani de $40{,}45 \cdot 10^6$ lei/an, iar în anul al patrulea se cifrează la $47{,}65 \cdot 10^6$ lei/an.

Să se determine:

1. Structura investițiilor și cheltuielilor anuale.
2. Investițiile raportate.
3. Cheltuielile de calcul Z_I; Z_{II}; Z_{III}.
4. Varianta optimă.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

1. Investițiile și cheltuielile anuale au următoarele valori:

Varianta I

$I_1 = I_4 = 400 \cdot 10^6$ lei; $C_{2-3} = 29{,}5 \cdot 10^6$ lei/an; $C_4 = 58 \cdot 10^6$ lei/an

Varianta II

$I_1 = 550 \cdot 10^6$ lei; $I_3 = 100 \cdot 10^6$ lei; $C_{2-3} = 38{,}25 \cdot 10^6$ lei/an; $C_4 = 49{,}5 \cdot 10^6$ lei/an

Varianta III

$I_1 = 625 \cdot 10^6$ lei; $C_{3-4} = 40{,}45 \cdot 10^6$ lei/an; $C_4 = 47{,}65 \cdot 10^6$ lei/an

2. *Investițiile raportate se determină astfel:*

$I_{r_1} = 400 \times 1{,}1^3 + (-40{,}45 + 29{,}5) \times (1{,}1^2 + 1{,}1^1) + [400 - (40{,}45 - 29{,}5)] \cdot 1{,}1^\circ = 532 - 10{,}95\ (1{,}21 + 1{,}1) + 400 - 10{,}95 = +532 - 25{,}3 + 400 - 10{,}95 = 897{,}75 \cdot 10^6$ lei

$I_{r_2} = 550 \times 1{,}1^3 + (-40{,}25 + 38{,}25)(1{,}1^2 + 1{,}1) + [100 - (40{,}25 - 38{,}25)] \times 1{,}1^\circ = 731 - 2(1{,}21 + 1{,}1) + 100 - 2 = 731 - 4{,}62 + 100 - 2 = 824{,}38 \cdot 10^6$ lei

$I_{r_3} = 625 \cdot 10^6 \cdot 1{,}1^3 = 831 \cdot 10^6$ lei

3. Cheltuielile anuale de calcul se scriu sub forma:

$Z_I = 0{,}1 \times 895{,}75 + 58 = 89{,}575 + 58 = 147{,}575 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_{II} = 0{,}1 \times 824{,}38 + 48{,}5 = 82{,}438 + 49{,}5 = 131{,}938 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_{III} = 0{,}1 \times 831 + 47{,}65 = 83{,}1 + 47{,}65 = 130{,}75 \cdot 10^6$ lei/an

4. Se acceptă varianta (V_{III}) ca fiind optimă din punct de vedere tehnico-economic.

Problema 10

Se consideră 2 centrale electrice una termo și una hidroelectrică. Eșalonarea investițiilor se face astfel:

Tabelul 5

Anul	I	II	III	IV	V	Total
C.T.E.	—	—	—	10^8	$2{,}2 \cdot 10^8$	$= 3{,}20 \cdot 10^8$ lei
C.H.E.	$(50 + 75 + 170 + 150 + 100) \cdot 10^6 = 5{,}5 \cdot 10^8$ lei					

Pentru cele două tipuri de centrale se dau următoarele:

A. *C.T.E.* Puterea instalată $P_i = 100$ MW; timpul de utilizare a puterii instalate $t_{u_i} = 6500$ h/an. Consumul serviciilor interne în energie 6,5%,

Scanned with OKEN Scanner

în putere 7%. Investiția specifică $i_{sp} = 3200$ lei/kW. Pierderile în rețele se apreciază la 5% din energie și 7% din putere. Consumul specific de combustibil este de 350 g.c.c./kWh. Prețul de cost revine la 430 lei/tona c.c. Amortizările reprezintă 6,5%, iar cheltuielile pentru reparații și întreținere sînt 1% din investiții. Cheltuielile cu retribuția sînt $1{,}85 \cdot 10^6$ lei/an. Diverse alte cheltuieli $1{,}75 \cdot 10^6$ lei/an.

B. *C.H.E.* Puterea instalată 100 MW: $t_{u_i} = 2500$ h/an. Consumul serviciilor interne 2% la energie și 2,5% la putere. Pierderile în rețele 5% la energie și 7% la putere. Amortizările 3%, iar cheltuielile de reparații și întreținere 0,2% din investiții. Retribuțiile $= 0{,}875 \cdot 10^6$ lei/an. Diverse alte cheltuieli anuale $0{,}7 \cdot 10^6$ lei. Investiția specifică pentru C.H.E., $i_{sp} =$ $= 5500$ lei/kWi.

Investiția minieră 1200 lei/t.c.c. și an. Costul energiei preluate din sistem 250 lei/MWh. Investiția specifică în sistem 4300 lei/kW.

Investițiile și cheltuielile anuale pentru rețele sînt egale în cele două variante.

Să se determine:

1. Producția de energie brută și netă, cît și puterile nete pentru cele două centrale.
2. Puterea și energia pentru echivalare cît și costul combustibilului, ținînd seama de extracție.
3. Cheltuielile totale anuale echivalate.
4. Investițiile totale echivalate.
5. Calcularea termenului de recuperare și a cheltuielilor de calcul anuale și stabilirea soluției rentabile din punct de vedere tehnico-economic.

Rezolvare

C.T.E.

1. $E_{CTE}^{brută} = t_u \cdot P_i = 650 \cdot 10^6$ kWh/an;

$$E_{CTE}^{netă} = E_p(1 - \varepsilon_i)(1 - p_r) = t_u \cdot P_i(1 - 0{,}065)(1 - 0{,}07) =$$
$$= 6\,500 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0{,}935 \cdot 0{,}93$$

$$E_{CTE}^{netă} = 577{,}5 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}$$

$$P_{CTE}^{brută} = 100 \text{ MW} = 10^5 \text{ kW}$$

$$P_{CTE}^{netă} = 100\,(1 - 0{,}07)(1 - 0{,}07) = 86{,}5 \text{ MW}$$

$$P_{CTE}^{netă} = 86{,}5 \text{ MW} = 86500 \text{ kW}.$$

C.H.E.

$$E_{brută} = P_i \cdot t_u = 100 \cdot 2500 = 250 \cdot 10^3 \text{ MWh} = 250 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}$$

$$E_{netă} = E_{br}(1 - e)(1 - p_i) = 250 \cdot 10^6(1 - 0{,}02)(1 - 0{,}07) =$$
$$= 232{,}75 \cdot 10^3 \text{ kWh/an}$$

$$E_{netă} = 232{,}75 \cdot 10^3 \text{ kWh/an}$$

$$P_{brută} = 100 \text{ MW} = 10^5 \text{ kW}$$

$$P_{netă} = 10^5(1 - 0{,}025)(1 - 0{,}07) = 90750 \text{ kW}$$

Scanned with OKEN Scanner

2. $P^{ech}_{CTE} = P^{CHE}_{netă} - P^{CTE}_{netă} = 90{,}75 - 86{,}50 = 4{,}25$ MW

$E^{echiv}_{CHE} = E^{CTE}_{n} - E^{CHE}_{netă} = (577{,}5 - 232{,}75) \cdot 10^3 = 344{,}75 \cdot 10^3$kWh/an

Puterea de echivalare se adaugă la soluția cu cea mai mică putere, iar energia de echivalare la soluția în care se produce energie mai puțină.

$C^{CTE}_{comb} = p^c_c \cdot B_{comb} = 430 \cdot 0{,}350$ kg.c.c/kWh $\cdot\ 650 \cdot 10^6 =$
$= 98 \cdot 10^6$ lei/an

$C^{CHE}_{comb} = 0;\ C^{CHE}_{ext} = 0$

3. $C^{echiv}_i = C_{pz} + C^{echiv} = C_c + C_{aux} + C_r + C_{ir} + C_{gener} + C_{amortiz} + C_{echiv}$

$C_{aux} + C_{generale} = C_{diverse} \nearrow 1{,}7 \cdot 10^6$ lei/an pentru C.T.E.
$\searrow 0{,}7 \cdot 10^6$ lei/an pentru C.H.E.

$C_r = \nearrow 1{,}85 \cdot 10^6$ lei/an pentru C.T.E.
$\searrow 0{,}875 \cdot 10^6$ lei/an pentru C.H.E.

$C_{amortizare} = P_i \cdot i_{sp} \cdot Cota \nearrow 100 \cdot 10^3 \cdot 3200 \cdot 0{,}065 =$
$= 20{,}6 \cdot 10^6$ lei/an C.T.E.
$\searrow 100 \cdot 10^3 \cdot 5500 \cdot 0{,}03 =$
$= 16{,}5 \cdot 10^6$ lei/an C.H.E.

$C_{i+r} = I \cdot c_{i+r} = \nearrow 3\,200 \cdot 10^6 \cdot 0{,}01 = 3\,200\,000$ lei/an C.T.E.
$\searrow 5\,500 \cdot 10^6 \cdot 0{,}02 = 1\,100 \cdot 10^4 = 11 \cdot 10^6$ lei/an C.H.E.

C.H.E.

$C^{echiv}_{tot} = 0 + 0{,}875 \cdot 10^6 + 0{,}7 \cdot 10^6 + 11 \cdot 10^6 + 16{,}5 \cdot 10^6 +$
$+ 0{,}34475 \cdot 10^6 \times 250 = 105{,}39 \cdot 10^6$ lei/an

C.T.E.

$C^{echiv}_{tot} = 98 \cdot 10^6 + 1{,}85 \cdot 10^6 + 1{,}7 \cdot 10^6 + 2{,}75 \cdot 10^6 + 20{,}5 \cdot 10^6 =$
$= 124{,}6 \cdot 10^6$ lei/an

4. $I_r = \sum_{1}^{n-r} I_i (1 + p_n)^{q-r-i}$; $I^r_t = I_r + I_{ech} + I_m$

C.T.E.

$n = q = 5$ durata lucrării

$r = 3$; $i = 1;\ 2$ — anii de raport respectiv de eșalonare a investițiilor.

$p_n = 0{,}1$ an^{-1}; $\frac{1}{t_{r_n}} = \frac{1}{10}$; $t_{r_n} = 10$ ani; $p_n = 0{,}08$; $t_{r_n} = 12{,}5$ ani

C.H.E.

$r = 0$

$q = n = 5$

$i = 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5$

Scanned with OKEN Scanner

$I_r^{CTE} = 100 \cdot 1{,}1^1 + 220 \cdot 1{,}1^0 = 330 \cdot 10^6$ lei

$I_{ech} = 4250 \cdot 4300$ lei/kW

$I_r^{CHE} = 50 \cdot 1{,}1^4 + 75 \cdot 1{,}1^3 + 170 \cdot 1{,}1 + 150 \cdot 1{,}1^1 + 100 \cdot 1{,}1^0 = 649{,}75$ lei

$I_m = i_{sp}^m \cdot c_{sp}^c \cdot E_i^{CTE} = 273 \cdot 10^6$ lei

$I_i^{CTE} = 330 \cdot 10^6 + 18{,}4 \cdot 10^6 + 273 \cdot 10^6 = 621{,}4$ lei

5. $t_r = \dfrac{I_{CHE}^E - I_{CTE}^E}{C_{CTE}^E - C_{CHE}^E} = \dfrac{(649{,}75 - 621{,}4) \cdot 10^6}{(124{,}6 - 105{,}39) \cdot 10^6} = \dfrac{28{,}35}{19{,}21} = 1{,}48$ ani $< t_{r_n}$

$Z_{CTE} = 186{,}74$ lei/an; $Z_{CHE} = 170{,}36$ lei/an

6. Întrucît $t_r < t_{r_n}$ ani și $Z_{CHE} < Z_{CHE}$ se alege varianta a doua drept soluție optimă.

Problema 11

Pentru acoperirea unei puteri de 175 MW cerute de un sistem industrial de producție se preconizează studierea problemei în trei variante.

A. Extinderea unei centrale existente cu $P = 4 \times 25$ MW la 30 ata și 400°C, care funcționează 6 000 h/an.

Cele patru cazane au fiecare 130 tone abur/oră. Consumul de căldură anual al centralei $q_a = 5\,150$ kcal/kWh. Investițiile neamortizate ale centralei $I_A = 390 \cdot 10^6$ lei. Cheltuielile centralei $C_A = 123 \cdot 10^6$ lei/an. Centrala folosește cărbune cu $P_{c_i} = 4\,700$ kcal/kg, la prețul $p_{c_c} = 460$ lei/tonă la centrală.

Acest combustibil se prevede și pentru extindere. Investițiile pentru extindere se cifrează la $270 \cdot 10^6$ lei.

B. Construirea unei C.T.E. noi cu parametrii 100 ata și 510°C cu trei grupuri $P = 3 \times 25$ MW și trei cazane 3×110 t abur/h.

Consum specific $q_B = 3\,200$ kcal/kWh. $I_B = 332 \cdot 10^6$ lei.

Sporul de putere va fi preluat de mersul în paralel a centralei existente cu cea nouă.

C. Suprapunerea peste ciclul de 100 MW al centralei existente a unui grup înaintaș de 35 MW cu supraîncălzire intermediară alimentat la 100 ata; 510°C din două cazane de 270 t/h; consumul specific $q_c = 3\,000$ kcal/kWh. Restul de putere și energie se va lua din sistem. Investițiile în soluția (C) $I_c = 190 \cdot 10^6$ lei. Consumul pentru servicii interne $\varepsilon_{s_i} = 10\%$ din energia electrică produsă. Investiția unui kW instalat în sistem $i = 4\,500$ lei. Costul energiei electrice luate din sistem $p_E = 0{,}30$ lei/kWh.

Să se determine:

1. Investițiile și cheltuielile totale anuale echivalate pentru cele trei soluții cu precizarea elementelor care le compun.
2. Termenul de recuperare și cheltuielile anuale de calcul.
3. Soluția adecvată din punct de vedere tehnico-economic.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare.

1. Investițiile pentru cele trei variante se detaliază astfel:

Tabelul 6

	A	*B*	*C*	Observații
1. Lucrări de studii și organizarea șantierului.	$3{,}5 \cdot 10^6$	$3{,}5 \cdot 10^6$	$3{,}5 \cdot 10^6$	
2. Partea termomecanică.				
— Turbine	3×25 MW $40 \cdot 10^6$ lei	3×25 MW $40 \cdot 10^6$ lei	1×35 MW $18 \cdot 10^6$ lei	100 ata soluția C
— Cazane	3×130 t/h 300 ata 400°C $52 \cdot 10^6$ lei	3×110 t/h 100 ata 510°C $66 \cdot 10^6$ lei	2×270 t/h 100 ata 510°C $98 \cdot 10^6$ lei	
— Instalații de alimentare cu combustibil.	$15 \cdot 10^6$	$18{,}5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	
— Captarea și evacuarea zgurei și cenușei	$9 \cdot 10^6$	$12{,}5 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	
— Diverse instalații termomecanice.	$21 \cdot 10^6$	$30 \cdot 10^6$	$27 \cdot 10^6$	
3. Partea electrică	3×31 MVA	3×31 MVA	1×44 MVA	$\cos \varphi = 0{,}8$
— generatoare	$21 \cdot 10^6$	$21 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	
— stație de trafo	$28 \cdot 10^6$	$28 \cdot 10^6$	$15 \cdot 10^6$	
4. Construcții (clădiri, fundații coșuri și drumuri în centrale).	$30 \cdot 10^6$	$47 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6$	
5. Circuit hidrotehnic.	$47 \cdot 10^6$	$60 \cdot 10^6$	—	
6. Instalație de încălzire și ventilație, diverse.	$3{,}5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$3{,}5 \cdot 10^6$	

$I_A = 270 \cdot 10^6$ lei; $I_B = 332 \cdot 10^6$ lei; $I_C = 190 \cdot 10^6$ lei

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile anuale pentru cele trei variante au următoarea structură:

$$C_t = C_c + C_{aux} + C_s + C_{i+r} + C_g + C_{amortiz.}$$

$$C_c = \frac{E_q \cdot p_{cc}}{P_{ci}} = \frac{P_i \cdot t_u \cdot p_{cc}}{P_{ci}} = \begin{cases} \rightarrow C_{cA} = 668 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{cB} = 177{,}6 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{cc} = 300 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{cases}$$

$$C_{aux} = E_b \cdot p_{sp} = P_i \cdot t_u \cdot 2{,}3 \cdot 10^{-3} \begin{cases} \rightarrow C_{aux_A} = 2{,}42 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{aux_B} = 1{,}03 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{aux_C} = 1{,}86 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{cases}$$

$$C_S = L_s \cdot r_{m_a} = 50\ k\ \sqrt{P} \cdot r_{m_a} = \begin{cases} \rightarrow C_{S_A} = 17{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{S_B} = 11{,}3 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{S_C} = 15{,}3 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{cases}$$

$$= 50 \times 1{,}1\ \sqrt{P} \cdot r_{m_a}$$

$$r_{m_a} = 24\,000 \text{ lei/an}$$

$$C_{i+r} = P_i \cdot p_{i+r} = \begin{cases} \rightarrow A \rightarrow 3 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow B \rightarrow 1{,}53 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C \rightarrow 2{,}43 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{cases}$$

$$p_{i+r} \begin{cases} \rightarrow A \rightarrow 16{,}65 \text{ lei/kW} \\ \rightarrow B \rightarrow 20{,}4 \text{ lei/kW} \\ \rightarrow C \rightarrow 18 \text{ lei/kW} \end{cases} \qquad p_g \begin{cases} \rightarrow A \rightarrow 9{,}93 \text{ lei/kW} \\ \rightarrow B \rightarrow 12 \text{ lei kW} \\ \rightarrow C \rightarrow 11 \text{ lei/kW} \end{cases}$$

$$C_g = P_g \cdot p_g = \begin{cases} \rightarrow C_{g_A} = 1{,}73 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{g_B} = 0{,}9 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ \rightarrow C_{g_C} = 1{,}49 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{cases}$$

$$C_{amortiz} = I \cdot C_a = P_i \cdot t_u \cdot C_a = 0{,}053 \cdot P_i \cdot t_u$$

$$I = I_{noi} + I_{vechi} = \begin{cases} \rightarrow A \rightarrow 270 \cdot 10^6 + 390 \cdot 10^6 = 660 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ \rightarrow B \longrightarrow 332 \cdot 10^6 = 332 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ \rightarrow C \longrightarrow 208 + 390 - 18 = 580 \cdot 10^6 \text{ lei} \end{cases}$$

Echivalarea soluțiilor din punct de vedere al puterilor și al energiilor produse, respectiv din punct de vedere al investițiilor și al cheltuielilor anuale se face după următoarea tehnică de calcul.

Pentru soluția C se adaugă 40 MW din sistem și $215 \cdot 10^6$ kWh

$P_A = 175 \text{ MW} = (100 + 75) \text{ MW}$

$P_B = (100 + 75) = 175 \text{ MW}$

$P_C = (100 + 35) = 135 \text{ MW}$

$P^c_{echivalare} = 40 \text{ MW}$

$E_A = E_p^{nouă} + E_p^v = 405 \cdot 10^6 + 540 \cdot 10^6 = 945 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}$

$E_B = E_p^{nouă} + E_p^v = 945 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}$

Scanned with OKEN Scanner

$E_C = E^c_{echiv} + E^n_p = 730 \cdot 10^6$ kWh

$E^c_{echivalare} = 215 \cdot 10^6$ kWh/an

$I^{echiv}_{clot} = 10^6 (190) + 40 \cdot 10^3 \cdot 4\,300 = (190 + 200) \cdot 10^6 = 390 \cdot 10^6$ lei

$I_A = 270 \cdot 10^6$ lei; $I_B = 332 \cdot 10^6$ lei

Cheltuielile anuale în cele trei variante:

$C_A = 730 \cdot 10^6$ lei/an; $C_B = C^{\text{înaltă presiune}}_{CET} + C^{\text{joasă presiune}}_{CET} = 336 \cdot 10^6$ lei/an

$C_C = C_{exp} + C_{echivalare} = 382{,}55$ lei/an

Tabelul 7

Soluția	*A*	*B*	*C*
Investițiile	$270 \cdot 10^6$	$332 \cdot 10^6$	$390 \cdot 10^6$
Cheltuielile anuale	$730 \cdot 10^6$	$336 \cdot 10^6$	$382{,}55 \cdot 10^6$

2. Termenul de recuperare și cheltuielile anuale se determină astfel:

$$t^{CA}_r = \frac{390 - 270}{730 - 382{,}55} = 0{,}4 \text{ ani}$$

$$t^{BA}_r = \frac{332 - 270}{730 - 336} = \frac{62}{394} = 0{,}16 \text{ ani}$$

$Z_A = 730 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 270 \cdot 10^6 = 757 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_B = 336 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 332 \cdot 10^6 = 369{,}2 \cdot 10^6$ lei/an

$Z_C = 382{,}55 \cdot 10^6 + 0{,}1 \cdot 290 \cdot 10^6 = 411{,}55 \cdot 10^6$ lei/an

3. Ordinea de preferat a variantelor comparate arată astfel: I → soluția *B*; II → soluția *C*; III → soluția *A* Se acceptă drept soluție optimă varianta B.

Problema 12

Se urmărește proiectarea unei linii electrice de 110 kV care va transporta o putere $P = (30 \div 45)$ MW pe o distanță de 50 km. Timpul de funcționare al liniei $t_f = 4\,500$ ore/an la cos $\varphi = 0{,}95$. Conductoarele sînt din oțel-aluminiu cu o rezistivitate de 31,7 ohmi mm²/km.

Costul unui kWh este socotit la 0,26 lei.

Cheltuielile de amortizare și întreținere se determină din investițiile făcute prin aplicarea unui coeficient de 0,04. Investiția specifică pentru linii este de (900÷1 000) lei/km. Investiția la consumator pentru micșorarea circulației de putere reactivă pe linie este de $i^c_{sp} = 225$ lei/kVar. Cheltuielile cu diminuarea influenței liniei electrice asupra circuitelor învecinate de telecomunicație sînt de 5 000 lei. Investiția specifică în sistem este de 3 000 lei/kWi.

Scanned with OKEN Scanner

Se cere:

1. Determinarea secțiunii economice a conductoarelor pe baza relațiilor simplificate și a relației complete deduse din extremizarea cheltuielilor de calcul.
2. Precizarea domeniului de variație al deschiderilor economice între stîlpi de diferite coronamente în funcție de secțiunea economică a conductoarelor.

Rezolvare

1. Secțiunea economică se determină cu următoarele relații:

— *Modelul simplificat*

$$S_{ec} = (0{,}5 \div 0{,}7)\frac{S_{max}}{U}\sqrt{\frac{3\rho(\tau p_c^e + f_r \cdot k_m \cdot i_{sp}^s)\cdot 10^{-3}}{\left(\frac{a_{ar}}{100} + p_n\right) b}}$$

în care: a_{ar} = coeficient pentru determinarea cheltuielilor de amortizare și întreținere: p_n = coeficient de eficiență = 0,1;

— f_r = (1,1 ÷ 1,2) coeficient al rezervei de putere în sistem;

— k_m = 0,8 coeficient care ține seama de faptul că sarcina pe linie nu coincide cu sarcina maximă a sistemului.

— b = 45 lei/km mm², partea din costul liniei care depinde de secțiunea conductoarelor.

Dacă se aplică relația de mai sus cu datele din enunț se obține următorul rezultat:

$$S_{ec} = (0{,}5 \div 0{,}7)\frac{45\cdot 10^3}{110}\sqrt{\frac{3\cdot 31{,}5\,(300\times 0{,}26 + 1{,}2\cdot 0{,}8\cdot 3000)\cdot 10^{-3}}{(0{,}04 + 0{,}1)\,45}}$$

$$S_{ec} = (185 \div 240)\ \text{mm}^2$$

Modelul complet

$$S_{ec} = I_f\sqrt{\frac{\rho p_c^e t_f(1-\cos^2\varphi)\,p_c^r + \tau\rho p_c^e p_c^r + p_n(i_{sp}^m t_f + i_{sp}^s)\,p_r^r}{(p_{ar}^{cv} + p_n)\,(I_{p_z}\cdot p_r^{ca} + p_r^{rc} i_{sp}^c P_c^{pr}\,\text{tg}\,\varphi) + C_i p_r^i}}$$

$$S_{ec} = 430\sqrt{\frac{(31{,}5\cdot 0{,}26\cdot 4500(1-0{,}9) + 3000\cdot 0{,}26\cdot 31{,}5 + 0{,}1(1200\cdot 4500 + 3000)}{(0{,}04 + 0{,}1)\,(50\cdot 10^3 + 225\cdot 430\cdot 10^3\cdot 0{,}32) + 5000}}$$

$$S_{ec} = (150 \div 185)\ \text{mm}^2$$

Secțiunea determinată cu modelul simplificat este cu o treaptă mai mare decît cea determinată cu modelul complet. Practica confirmă această constatare. În prezent proiectanții preferă utilizarea la calculul secțiunii economice a modelului complet deoarece se obțin economii apreciabile de materiale conductoare.

Scanned with OKEN Scanner

2. Domeniul de variație al deschiderilor între stîlpi de diverse coronamente în funcție de secțiunile economice se prezintă astfel:

Tabelul 8

Secțiunea mm²		150	185	240	300	deschideri
Coronament Triunghi și Y	I	250—270	250—280	260—280	260—290	$a(m)$
	II	270	280	280	290	$a(m)$
Hexagon	I	280—300	290—310	290—320	290—340	$a(m)$
	II	300	310	320	340	Regiunile I și II de chiciură și vînt maxim care se consideră în proiectare
Portal simplu circuit	I	440	450	460	470	
	II	480	490	500	510	
Portal dublu circuit	I	510	510	510	510	
	II	520	530	540	550	

Problema 13

În vederea alegerii variantei optime de iluminare a unei hale industriale cu lămpi cu incandescență (i) sau cu fluorescență (f), se presupun cunoscute următoarele elemente:

— Dimensiunile halei industriale 18 m/7,5 m/6m;
— Indicele încăperii și randamentele tipului de iluminat $i = 1{,}6$; $\eta_i = 0{,}17$; $\eta_f = 0{,}215$;
— Numărul lămpilor de iluminat $n_{l_i} = 14$; $n_{l_f} = 36$;
— Duratele de funcționare totală (duratele de viață) ale lămpilor $D_i = 1000$ ore; $D_f = 5000$ ore.
— Puterea unei lămpi $P_{l_i} = 200$ W; $P_{l_f} = 4{,}9$ W.
— Prețul unei lămpi (valoare de calcul) $p_i^l = 9{,}79$ lei/buc; $p_f^l = 18{,}7$ lei/buc. Prețul energiei $p_c^e = (0{,}2 \div 0{,}3)$ lei/kWh;
— Numărul corpurilor de iluminat $n_{ci} = 14$ bucăți; $n_{cf} = 36$ bucăți;
— Prețul unui corp de iluminat (valoare de calcul) $p_{c_{l_i}} = 35$ lei/buc.; $p_{c_{l_f}} = 320$ lei/buc.;
— Fluxul total $\varphi_{t_i} = 40 \cdot 10^3$ lm; $\varphi_{t_f} = 95 \cdot 10^3$ lm;
— Timpul de funcționare a instalației $t = (1075 \div 4500)$ ore/an;
— Iluminarea medie asigurată $I_{m_i} = 50$ lx; $I_{m_f} = 160$ lx;
— Valori ale investiției specifice: $i_{sp}^s = 3000$ lei/kWi; $i_{sp}^{eh} = (4300 \div 4500)$ lei/kWi.

Se cere:

1. Stabilirea structurii funcției de eficiență a cheltuielilor de calcul pentru iluminatul incandescent și fluorescent cînd se consideră sau se neglijează efectul echivalării variantelor din punct de vedere energetic.

Scanned with OKEN Scanner

2. Determinarea variantei optime pentru iluminarea halei industriale ținînd seama de regimul de lucru al sistemului de producție studiat.

Rezolvare

1. *Funcția de eficiență a modelului matematic*

$$Z_t = C_t + p_n I_t = C_t + p_n \cdot I_t = \text{minim}$$

$$C_t = C_{ec} + C_{ep} + C_{eh};\ I_t = n_c p_{cl} + i_{sp} P + p_c^m \cdot E_t$$

Luarea în considerare a efectului de echivalare.

$$Z_{t_i} = (C_{t_i} + p_n I_{t_i});\ Z_{t_f} = (C_{t_f} + p_n\, I_{t_f})$$

$$C_t = n_l \cdot P_l \cdot t p_c^e + \frac{n \cdot p_c^l}{D} t + p_c^e \Delta E \begin{cases} \nearrow C_{t_i} \text{ — incandescentă} \\ \searrow C_{t_f} \text{ — fluorescentă} \end{cases}$$

$$\Delta E_{ks} = (E_k - E_s);\ \Delta P_{ks} = (P_s - P_k)$$

$$I_t = n_c p_{cl} + 3 \cdot 10^3 P + 0{,}44 \cdot P \cdot t + 4{,}4 \cdot 10^3 \Delta P \begin{cases} \nearrow I_{t_i} \text{ — incandescentă} \\ \searrow I_{t_f} \text{ — fluorescentă} \end{cases}$$

Variantele care se compară sînt (k) și (s).

Neglijarea efectului de echivalare

$$Z'_{t_i} = C'_{t_i} + p_n\, I'_{t_i};\quad Z'_{t_f} = C'_{t_f} + p_n\, I'_{t_f}$$

$$C'_t = (C_t - p_c^e \Delta E);\ I'_t = (I_t - 4{,}4 \cdot 10^3 \Delta P - 0{,}44\ P_t)$$

în care:

C_{ec} — cheltuielile pentru energia consumată;
C_{ep} — cheltuielile pentru exploatarea instalațiilor;
C_{eh} — cheltuielile de echivalare;
i_{sp} — investiția specifică — 3 000 lei/kWi;
P — puterea consumată;
$p_c^m = 0{,}44$ lei/kWh; E_t = energia totală consumată;
$p_c^e = (0{,}2 \div 0{,}3)$ lei/kWh

2. *Varianta optimă pentru iluminatul halei*

$$Z_i^{eh} = (0{,}1 \cdot n_{cl} \cdot p_{cl} + 300\ nP_l + knt) \text{ lei/an}$$

$$Z_i^{feh} = (0{,}1\ n_{cl} \cdot p_{cl} + n \cdot P_l \cdot t p_c^e + C\ nt\varphi_l) \text{ lei/an}$$

$$k = (0{,}044 + 0{,}25)\ P_l + \frac{p_c^e}{D} + \left(4{,}4 \cdot 10^3 \frac{1}{t} + 0{,}25\right) \Delta P_e$$

$$c = p_c^l / \varphi \cdot D$$

în care:

P_l — puterea unei lămpi exprimată în kW;
φ_l — fluxul unei lămpi; Z_i^{eh} — cheltuielile de calcul cînd se ține seama de echivalarea variantelor din punct de vedere energetic.
Z_i^{feh} — cheltuielile de calcul cînd nu se ia în considerare echivalarea energetică a variantelor.

Scanned with OKEN Scanner

Făcînd calculele cu datele din enunț rezultă:

$Z_{ti}^{eh} = 889 + 1{,}87\ t_i^{eh}$; $Z_{tf}^{eh} = 1090 + 1{,}76\ t_f^{eh}$

$Z_{ti}^{feh} = 49 + 0{,}54\ t_i^{fech}$; $Z_{tf}^{feh} = 574 + 0{,}43\ t_f^{fech}$

Pentru a determina duratele de funcționare ale instalațiilor la care un anumit tip de iluminat este preferat altui tip sub aspectul cheltuielilor de calcul se pun următoarele condiții:

$$t_i^{eh} = t_f^{eh} = t^{eh};\ Z_{ti}^{eh} = 889 + 1{,}87\ t^{eh} = Z_{tf}^{eh} = 1090 + 1{,}76\ t^{eh}$$

Pentru $t^{eh} < 1\,000$ ore/an $Z_{ti}^{eh} < Z_{tf}^{eh}$;

Pentru $t^{eh} > 1\,000$ ore/an $Z_{ti}^{eh} > Z_{tf}^{eh}$

În cazul cînd se neglijează efectul echivalării variantelor din punct de vedere energetic rezultă:

$$Z_{ti}^{feh} > Z_{tf}^{feh} \text{ pentru } t^{feh} \leqslant 4\,800 \text{ ore/an}$$

Soluția optimă se determină pe baza cheltuielilor de calcul cu considerarea efectului de echivalare a variantelor din punct de vedere energetic.

Practica confirmă punctul de vedere conform căruia iluminatul fluorescent devine avantajos sub aspect tehnico-economic pentru întreprinderi la care regimul de lucru este organizat pe $(1 \div 3)$ schimburi.

Problema 14

Se consideră o zonă de consum cu următoarele date:

— Densitatea liniară a sarcinii $D = 0{,}21$ kW/m;
— Conductivitatea cablurilor subterane $\gamma = 57 \frac{\Omega mm^2}{m}$
— Tensiunea de alimentare $U = 380$ v;
— Costul postului de transformare $K_T = 2{,}16 \cdot 10^5$ lei cu două transformatoare pe post.
— Costul rețelei pînă la 1 kV $K_r = 1{,}6$ lei/m $\cdot$ mm^2
— Plecările în joasă tensiune $n = 2 \div 4$
— Cote de amortizare $\begin{cases} \text{pentru post} & \delta_T = 11\% \\ \text{pentru rețea} & \delta_R = 4{,}75\% \end{cases}$
— Costul pierderilor în trafo $C = 1\,775$ lei/an.
— Densitatea economică de curent $j_{ec} = 3$ A/mm^2
— Costul energiei $C = 0{,}15$ lei/kWh
— Se mai cunosc
  — Timpul de pierderi $\tau = 2\,500$ ore/an
  — $\eta = 0{,}6$ coeficient de distribuția sarcinilor între liniile magistrale.

Porțiunea de oraș, pe care se face organizarea transformatoarelor este $S = 12$ km^2 și absoarbe puterea sub cos $\varphi = 0{,}82$. Se precizează că în practică există cabluri subterane din cupru care la $U = 380$ V au o încărcare $S = 175$ kVA și acoperă o distanță $1 = 300$ m.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine:

1. Puterea optimă a posturilor de transformare pe cele mai uzuale căi posibile.
2. Numărul posturilor de pe cuprinsul zonei de consum și organizarea lor optimă.
3. Lungimile distribuitorilor dintre două posturi și verificarea lor cu datele practice indicate.

Rezolvare

1. $$S_{optim} = \sqrt{\frac{(\delta_T \cdot K_T + C_T)\,\gamma \cdot D}{\frac{\delta_R \cdot K_R \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U \cdot j_{ec}} + \frac{\eta j_{ec} \cdot c \cdot \tau}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \gamma}}} = \sqrt{\frac{(0{,}11 \cdot 216 \cdot 10^3 + 1775) \cdot 2 \cdot 0{,}21}{\frac{0{,}0475 \cdot 1{,}6 \cdot 10^3}{1{,}73 \cdot 380 \cdot 3} + \frac{0{,}6 \cdot 3 \cdot 0{,}2 \cdot 2500}{1{,}73 \cdot 380 \cdot 57}}} =$$

$$= 413 \text{ kVA}$$

Soluții
— 1 trafo → 420 kVA
— 2 trafo → 320 kVA fiecare

Se mai pot aplica o serie de relații care conduc aproximativ la aceleași soluții.

2. Pentru a afla numărul posturilor de transformare se determină puterea stației de la consumator.

$$S_c = \frac{P_c}{\cos\varphi} = \frac{D_s \cdot s_c}{\cos\varphi} = \frac{D_e \cdot 1_e/\text{km}}{\cos\varphi} = \frac{0{,}21 \cdot \text{kW/km}^2 \cdot 12 \cdot \text{km}^2}{0{,}82} = \frac{20 \cdot 200}{0{,}82} = 24\,600 \text{ kVA}$$

$$n_I = \frac{24\,600}{420} = 60 \text{ posturi} \qquad n_{II} = \frac{24\,600}{640} = 40 \text{ posturi}$$

Dacă se adoptă 40 de posturi, atunci pe suprafața de teren există cinci străzi a cîte opt posturi pe fiecare stradă.

3. Lungimile distribuitorilor se află în urma măsurării distanțelor dintre posturi care trebuie să fie mai mici sau egale cu cele calculate.

$$S_{post} = \frac{S_c}{n_{posturi}} = \frac{12 \text{ km}^2}{40} = 0{,}3 \text{ km}^2/\text{post} \quad l_p = \sqrt{0{,}3 \text{ km}^2} = 555 \text{ m} < 600 \text{ m}$$

$\frac{4\,000}{555} = 7{,}2$ posturi. Se adoptă 7 posturi distanțate la 570 m.

$\frac{3\,000}{555} = 5{,}34$ posturi. Se adoptă 5 posturi distanțate la 600 m.

Știind că fiecare cablu de 380 V se poate încărca la 175 kW și poate alimenta un consumator situat la circa 300 m, se trece la adoptarea puterii postului $4 \times 175 = 640$ kW cu patru distibuitori așezați la 600 metri unul de altul.

Această concluzie rezultată din calculul de mai sus este confirmată de practica exploatării rețelelor orășenești, din țară și de peste hotare.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 15

Într-o întreprindere urmează să se monteze o secție nouă pentru producerea carbidului cu o capacitate de $80 \cdot 10^3$ t carbid/an.

Instalația va funcționa continuu 11 luni (ianuarie—noiembrie), iar în luna decembrie va intra în reparații. Pentru alegerea variantei optime se dau următoarele:

1. Orele de vîrf de seară și dimineața, însumate anual, ale sistemului energetic la care se va racorda fabrica de carbid, au valorile:

1.1. Vîrful de seară 854 ore/an;

Total 1580 h/an

1.2. Vîrful de dimineață 726 ore/an.

2. Industria oferă cuptoare de carbid cu următoarele caracteristici:

2.1. Cuptor de 2,5 t/h; $P = 8{,}2$ MW; $q = 3\,200$ kWh/tonă la mers continuu și $q = 3\,250$ kWh/tone de carbid la mers intermitent (două întreruperi pe zi de 1,5 ÷ 4,5 ore fiecare). Prețul cuptorului gata instalat cu toate anexele este $80 \cdot 10^6$ lei.

2.2. Cuptor de 10 t/h; $P = 30{,}5$ MW; $q = 3\,000$ kWh/t respectiv 3 050 kWh/tonă de carbid. Costul cuptorului $280 \cdot 10^6$ lei.

3. Factorul de rezervă $f_{rez} = 0{,}15$ în sistemul energetic considerat. Consumul în centrale $\varepsilon_{CTE} = 8\%$ pentru servicii interne. În rețele pierderile la vîrful sistemului sînt $p_v = 10\%$. Investiția specifică pentru centralele de preluarea vîrfului $i_{sp} = 3\,000$ lei/kW instalat. Consumul specific de combustibil în C.T.E. este în medie 0,4 kg c.c./kWh la vîrf și de 0,35 kg c.c./kWh în afara orelor de vîrf.

4. Costul combustibilului pentru C.T.E. este 430 lei/t.c.c., iar pentru extracție este 1200 lei/tonă de combustibil convențional și an.

5. Amortizări pentru C.T.E. 5,3%, iar reparații și întreținere 2% din investiții.

6. Pentru cuptoarele de carbid amortizările 12,5%, iar reparațiile și întreținerile 8% din investiții.

7. Personalul de exploatare: în C.T.E. 1 om/MW cu retribuție medie anuală de 24 000 lei; pentru cuptorul de carbid se folosesc 12 lucrători cu o retribuție medie anuală de 18 500 lei/lucrător.

8. Durata de executare a fabricii de carbid — 1 an, indiferent de soluție.

Să se determine:

1. Investițiile și cheltuielile anuale în două ipoteze:

1.1. Consumatorul funcționează fără întreruperi.

1.2. Consumatorul funcționează numai în afara orelor de vîrf.

2. Termenul de recuperare și cheltuielile anuale de calcul și să se aleagă soluția tehnico-economică rațională pentru construirea fabricii de carbid.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

1. $I = P_{i_v} \cdot i_{sp}$; $P_{i_v} = P_v(1 + f_{rez}) \frac{1 + \varepsilon_{CTE}}{1 - p_{\dot{v}}}$;

$P_v = \frac{E_p}{T_f}$; $E_p = C_p \cdot [\text{t/an}]\ q\left[\frac{\text{kWh}}{\text{t}}\right]$

$$C_{p_A}[\text{t/h}] = \frac{C_p[\text{t/an}]}{h[\text{ore/an}]} = \frac{8 \cdot 10^4(\text{t/an})}{365 - 31) \cdot 24} = \frac{8 \cdot 10^4}{8 \cdot 10^3} = 10 \text{ t/h.}$$

$$C_{p_B}[\text{t/h}] = \frac{8 \cdot 10^4}{8\,000 - 1\,580} = 12{,}5 < \begin{matrix} 10 \text{ t/h} \\ 2{,}5 \text{ t/h} \end{matrix}$$ deci două cuptoare

În soluția B se funcționează în afara vîrfului de sarcină a sistemului. Pentru soluția A se obține:

$$P_{i_{vA}} = P_{AV}(1 + f_{rez}) \frac{1 + \varepsilon_{CTE}}{1 - p_v} = 3 \cdot 10^4(1 + 0{,}15) \frac{1 + 0{,}08}{1 - 0{,}1} = 40\,500 \text{ kW}$$

$$P_{AV} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 3\,000}{8\,000} = 30\,000 \text{ kW}$$

$I_A = P_{i_{vA}} \cdot i_{sp} = 40\,500 \times 2\,750 = 112 \cdot 10^6$ lei

$I_B = I_{2,5} + I_{10} = 80 \cdot 10^6 + 150 \cdot 10^6 = 230 \cdot 10^6$ lei.

Întrucît și în soluția A se folosește un cuptor de 10 t/h, el se poate elimina ca investiție din soluția B și deci rezultă:

$$I_B = I_{2,5} = 80 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$t_r = \frac{I_A - I_B}{C_B - C_A} \leqslant 10 \text{ ani} \qquad Z = C + p_n I = \min$$

Pentru a calcula t_r și Z se determină cheltuielile anuale de exploatare în cele două soluții:

$C = C_a + C_{r+i} + C_s + C_c$

$(C_a + C_{t+r})_A = (0{,}053 + 0{,}02) \cdot 112 \cdot 10^6 = 8{,}11 \cdot 10^6$ lei/an

$C_{S_A} = 1 \text{ om/MW} \cdot 40{,}5 \text{ MW} \cdot 24 \cdot 10^3$ lei/an $= 97{,}2 \cdot 10^3$ lei/an

$C_c = B^t \cdot p_c = E \cdot q \cdot p_c$

$E_V \rightarrow$ în orele de vîrf $= 30 \cdot 1\,580 = 47\,400$ MWh/an;

$E \rightarrow$ în afara orelor de vîrf $= 30 \times 6\,420 = 192\,600$ MWh/an.

$E^{tv} = 30\ (8\,000 - 1\,580) = 30 \cdot 6\,420 = 192\,600$ MWh/an

$B^t = E_v \times 0{,}51 + E^{tv} \cdot 0{,}44 = 47{,}4 \cdot 10^3 \times 0{,}51 + 192{,}6. 10^3 \cdot 0{,}44$

$B^t = 108{,}9 \cdot 10^3$ t.c.c/an

$C_c = 108{,}9 \cdot 10^3 \cdot 200 = 21{,}78 \cdot 10^6$ lei/an

$C_{t_A} = (C_a + C_{r+i})_A + C_{S_A} + C_{C_A} = 33{,}0875 \cdot 10^6$ lei/an

$C_{t_B} = 38{,}4020 \cdot 10^6$ lei/an

Scanned with OKEN Scanner

În cele două soluții se consumă următoarele cantități de combustibil:

$$B_A = 108{,}900 \text{ t.c.c/an}; \quad B_B = 109{,}200 \text{ t.c.c/an}$$

$$\Delta B = B_B - B_A = (109{,}2 - 108{,}9) = 300 \text{ t.c.c/an}$$

Deci la I_B se adaugă $I_{\Delta B}$ și rezultă:

$$I_B = 80 \cdot 10^6 + 300 \cdot 1\,200 = 80{,}36 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

3. $t_r = 12{,}6$ ani $> 12{,}5$ deci rezultă economică soluția B.

$$Z_A = 47{,}5875 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \quad Z_B = 46{,}43 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Nu s-a făcut echivalarea, întrucît în ambele soluții producția este aceeași.

Problema 16

Aplicarea teoriei cazurilor la conceperea obiectivelor energetice în maniera cercetării operaționale.

a. *Studiul de profil și amplasament pentru o centrală termoelectrică.*

Puterea instalată în cele două etape de dezvoltare a centralei:

— $P_{i_I} = 3 \times 330$ MW; $P_{i_{II}} = 4 \times 330$ MW

— Centrala electrică va fi alimentată cu șisturi bituminoase din zona A și va funcționa ca centrală termoelectrică de bază timp de (6000÷÷7000) ore/an. Combustibilul solid va avea o pondere de 80%, iar restul de 20% va fi completat cu păcură pentru întreținerea flăcării și pentru pornirea cazanelor. Puterea calorifică a combustibilului este $P_{c_i} = 990$ kcal/kg.

— Agregatele cazan-turbină luate în considerație prezintă următoarele caracteristici: cazane de 1035 t/h sau 525 t/h: turbine de 330 MW cu răcire la 15°C sau turbine de 324 MW cu răcire la 25°C.

Răcirea se poate realiza în următoarele variante: turnuri umede; turnuri uscate (Heller) sau condensatoare răcite cu aer.

Investițiile și cheltuielile anuale luate în considerație în varianta restrînsă și cea desfășurată se referă la următoarele acțiuni:

— Investiții pentru centrala propriu-zisă, inclusiv cele legate de organizarea șantierului, de studii și cercetări, investiții pentru stația electrică de 220 kV și în sistem, investiții pentru realizarea părții hidrotehnice a centralei și investiții conexe, atît pentru amplasarea în afara zonei de extracție și pentru transportul combustibilului cît și pentru lucrări social culturale.

— Cheltuielile se referă la achiziția combustibilului, la recrutarea, pregătirea și retribuția personalului, la amortizarea instalației, la reparații și cheltuieli diverse (cu energia electrică, cu apa de adaos, cu tehnica nouă, taxe asupra terenului etc.).

Se cere:

1. Scrierea funcțiilor de eficiență a modelelor pentru determinarea variantei optime în forma aplicată în diverse documentații tehnico-economice și aplicarea teoriei cazurilor la structurarea cheltuielilor și investițiilor în maniera cercetării operaționale.

2. Precizarea etapelor de parcurs în elaborarea documentației tehnico-economice de profil și amplasament a unei centrale electrice și a modului

Scanned with OKEN Scanner

de luare în considerație a elementelor de calcul din structura funcției de eficiență a modelului matematic $(a_1 - a_7)$.

3. Determinarea cheltuielilor totale actualizate pentru realizarea centralei electrice și stabilirea variantei optime.

Rezolvare

1. Funcțiile de eficiență a modelelor matematice tip Cost-Actualizat se pot scrie sub următoarele forme:

$$a_1)\ Z_{a_c} = \sum_{i=0}^{n} (1 + p_n)^{\pm i}(I_i + C_i + D_i) - (V_i + R_i)^{ac} = \text{minim.}$$

$$a_2)\ Z_{ac}^{v} = \sum_{i=0}^{n} (1 + p_n)^{-i}(I_i + C_i + D_i) - (V_i + R_i)^{ac} = \text{minim.}$$

$$a_3)\ Z_{ac}^{t} = \sum_{i=0}^{n} (1 + p_n)^{+i}(I_i + C_i + D_i) - (V_i + R_i)^{ac} = \text{minim.}$$

$$a_4)\ Z_{ac} = \sum_{i=0}^{n} [I_i(1 + p_n)^{m-i} + C_i(1 + p_n)^{m-i} + D_i(1 + p_n)^{m-i} - V_i(1 + p_n)^{m-i}] - [R_i(1 + p_n)^{m-i}] - V_{f_i}(1 + p_b)^{-n} = \text{minim.}$$

$$a_5)\ Z_t = (C_t + p_n I_t) = (C_c + C_p + C_{a_m} + C_{i_r} + C_{d_v} + p_n(I_{p_z} + I_{sl} + I_{cl} + I_{cx} + I_{d_v}) = \text{minim}$$

$$a_6)\ Z_t^{cop} = C_{c+s+a} + C_{im} + C_{t_e} + C_{orp} + C_{am} + C_{sl} + C_d + C_{d_v} + p_n \cdot (I_{c+s+a} + I_{im} + I_{t_e} + I_{orp} + I_{CE+s+l} + I_{cl+cx} + I_d + I_{d_v})$$

Pentru a forma modele matematice se adaugă la funcțiile de eficiență un set de restricții de forma:

$$a_7)\ B_{ex} \geqslant B_{nec};\ E_p \geqslant E_c;\ Q_p \geqslant Q_c;\ P_p \geqslant P_c;\ I_r \leqslant I_p;\ A_v^r \geqslant A_v^p$$

La restricțiile (a_7) se mai adaugă următoarele:

$a_8)$ Asigurarea unei distanțe minime de transport pentru combustibil.

$a_9)$ Alimentarea centralei electrice cu apă de răcire.

$a_{10})$ Încadrarea centralei în sistemul energetic.

$a_{11})$ Respectarea condițiilor de fundare și stabilitate naturală a terenului.

$a_{12})$ Respectarea prescripțiilor referitoare la poluarea mediului.

$a_{13})$ Asigurarea duratelor de execuție și obținerea efectelor economice la nivelul realizărilor medii din cadrul ramurii.

$a_{14})$ Luarea în considerație a problemelor speciale (evacuarea zgurii și cenușei, evacuarea cît mai elastică a energiei produse de centrală, corelarea realizării obiectivului cu rezolvarea problemelor sociale etc.).

$a_{15})$ Respectarea termenului de punere în funcțiune, ceea ce reclamă terminarea documentației tehnico-economice la momentul prevăzut inițial, astfel ca începerea montajului să nu întîrzie față de data planificată.

$a_{16})$ Corelarea resurselor disponibile cu cele necesare, ținînd seamă de implicațiile pe care le ocazionează teoriile cercetării operaționale (teoria stocurilor, teoria așteptării, teoria siguranței în funcționare etc.), aplicate la determinarea cheltuielilor totale actualizate.

Scanned with OKEN Scanner

a_{17}) Determinarea cheltuielilor totale în maniera sistemică plecînd de la studiul consumatorului spre resursă, trecînd prin faza de cercetare-proiectare-montaj și exploatare-dezvoltare a sistemului energetic în cadrul căruia se implementează noul obiectiv energetic.

Mărimile cuprinse în modelele matematice (a_1 — a_7) au următoarea semnificație:

Z_{ac} = cheltuielile totale actualizate. Ele nu cuprind în structura lor cheltuielile cu amortizarea instalațiilor și nici taxele asupra fondurilor de producție.

— Z_t = cheltuielile totale de calcul în forma pe care o folosesc proiectanții la compararea variantelor. Ele nu conțin cheltuielile provocate de aplicarea cercetării operaționale la studierea variantelor de concepere și realizare a obiectivelor energetice.

— Z_t^{cop} = cheltuielile totale de calcul ținînd cont de structura operațională a cheltuielilor de la nivelul sistemelor de producție. Această structură reflectă conținutul cheltuielilor pe baza cercetării operaționale a activităților din cadrul obiectivelor energetice ce se proiectează. Diverse forme ale acestor cheltuieli scrise în manieră sistemică se pot urmări în [6].

— p_n = coeficient de eficiență economică = (0,08 ÷ 0,1).

— I_i, C_i = investițiile și cheltuielile ocazionate de conceperea, proiectarea și realizarea obiectivului energetic.

— D_i = valoarea daunelor probabile în anul (i).

Daunele se determină ținînd seama că obiectivul are o durată de viață diferențiată în cazul centralelor electrice față de cazul rețelelor electrice, și față de situații mai complexe (centrală + rețea).

— V_i — venitul net realizat de către întreprinderile electrocentrale în construcție care au puneri parțiale în funcțiune și livrează energie înainte de terminarea întregii lucrări. Această mărime se determină cînd diferențele în timp între variante în privința producției livrate sînt mari și influențează ordinea de prioritate a variantelor.

— R_i = valoarea reziduală reprezintă valoarea fondurilor fixe în momentul dezafectării lor cînd a expirat durata lor de viață prestabilită conform prescripțiilor.

— V_{fi} = valoarea remanentă este valoarea fondurilor fixe capabile să dea producție în condiții de siguranță.

— i = anul curent de raportare a cheltuielilor și a investițiilor.

— n = perioada de studiu (0, 1, 2, ... m ... n).

— m = anul începerii funcționării obiectivului cu întreaga capacitate. În cazul cînd se ține seama de corelarea fazelor de proiectare cu cele de montaj și exploatare, atunci ar fi indicat să se calculeze (Z_{ac}) cu valoarea lui (n) extinsă și pe perioada de funcționare a instalației.

— I_t; C_t = investițiile totale și cheltuielile anuale echivalate din punct de vedere energetic.

— C_c = cheltuielile cu combustibilul; C_p = cheltuielile cu recrutarea și retribuția personalului; C_{am} = cheltuielile de amortizare; C_{ir} = cheltuieli de întreținere și reparație.

Scanned with OKEN Scanner

— C_{d_v} = cheltuieli diverse; C_{c+s+a} = cheltuieli ocazionate de achiziția și gestiunea resurselor combustibile.

— C_{im} = cheltuieli cu ingineria umană (normarea, organizarea și retribuția muncii inclusiv transportul intern).

— C_{t_e} = cheltuieli ocazionate de aplicarea teoriei echipamentelor;

— C_{orp} = cheltuieli de ordonanțare a producției; C_d = cheltuieli cu decizia; C_{sl} = cheltuieli pentru stația și liniile electrice de racordare a obiectivului energetic la sistem.

— I_{pz} = investițiile pentru realizarea obiectivului proiectat inclusiv taxele vamale pentru utilajul din import.

— I_{sl} = investițiile în stații și linii electrice. Acestea se iau în calcul ținînd cont de rezerva probabilă de capacitate la vîrf $I^v_{sl} = 1{,}2\ I_{sl}$ (conform normativului PE — 011/1975 — rezerva se consideră 20% din capacitatea proiectată).

— I_{t_e} = investițiile pentru aplicarea teoriei echipamentelor.

— I_{cl} = investițiile colaterale realizate în comun cu alți titulari se referă la alimentare cu apă, canalizări, drumuri, căi ferate, telecomunicații, mutări de întreprinderi etc.

— I_{cx} = investițiile conexe nu conduc la obținerea de beneficii, dar contribuie la realizarea investițiilor direct productive. Ele se referă la regularizări de rîuri, consolidări de maluri, executarea de lucrări contra inundațiilor. Dacă investițiile conexe nu depășesc 3% din valoarea investițiilor totale atunci în calculele comparative nu se iau în considerație dar se prind în devizul general al documentației tehnico-economice. Nu se includ în investițiile conexe investițiile pentru deschideri de mine, investițiile pentru prospecțiuni geologice, investițiile în ramura construcțiilor de mașini pentru producerea utilajului energetic, investiții pentru prelucrarea minereului nuclear etc. Aceste investiții se pot prinde în calculul comparativ al variantelor de realizare a obiectivelor energetice dacă se referă la un ansamblu de obiective ce se realizează cu concursul mai multor ramuri ce sînt implicate direct în finalizarea în comun a lucrărilor.

În cazul amenajărilor complexe se repartizează atît cheltuielile cît și investițiile între beneficiari în funcție de efectul economic.

— I_{dv} = investiții diverse și neprevăzute; I_{c+s+a} = investiții pentru gestiunea resurselor materiale inclusiv partea hidrotehnică a obiectivului energetic.

— I_{im}; I_{orp} = investițiile pentru asigurarea condițiilor de aplicare a teoriei ordonanțării (I_{orp}) producției și a celor legate de aplicarea în practică a ingineriei umane.

— I_{CE+s+l}; I_{cl+cx} = investițiile în centrala electrică (*C.E.*), în stație (*s*) și în liniile (*l*) de legătură a centralei cu sistemul, precum și investițiile colaterale (*cl*) și conexe (*cx*).

— I_d = investițiile pentru asigurarea bazei materiale în vederea construirii rapide a deciziilor.

— B_{ex}; B_{nec} = cantitățile de combustibil existente (*ex*) și cele necesare (*nec*).

— E_p; E_c; Q_p; Q_c = energiile electrice (E) și cele termice (Q) produse (*p*) și consumate (*c*).

— P_p; P_c = puterile produse (*p*) și consumate (*c*).

Scanned with OKEN Scanner

— I_r; I_p = investițiile realizate (r) și cele planificate (p).

— A_v^r; A_v^p = aporturile de valută realizate (r) și planificate (p).

b. Principalele probleme pe care le cuprinde documentația tehnico-economică (DTE) sînt arătate în actele normative în vigoare.

— Precizarea scopului lucrării, a temei de proiectare și fundamentarea indicatorilor tehnico-economici ai investiției.

— Precizarea structurii consumului luat în considerație la justificarea investițiilor și cheltuielilor totale.

— Precizarea producției (energie consumată și produsă) și a treptelor de putere cu indicarea caracteristicilor grupurilor, cazanelor și instalațiilor din schema electrică și termomecanică a centralei studiate.

— Stabilirea cantităților și tipurilor de combustibil ce urmează să satisfacă cerințele centralei și rezolvarea transportului resurselor combustibile.

Pentru C.T.E. A s-a prevăzut (80÷81)% șisturi bituminoase și (19÷÷20%) păcură.

— Stabilirea investițiilor și a cheltuielilor totale.

— Echivalarea energetică a investițiilor și a cheltuielilor anuale pentru $P_{iI} = 990$ MW; $P_{iII} = 1320$ MW.

— Eșalonarea investițiilor și a cheltuielilor.

— Încadrarea în sistem a centralei electrice.

— Graficul resurselor umane.

— Determinarea costului energiei în diverse variante.

— Stabilirea variantei optime de amplasare a centralei și schițarea planului general pentru soluția recomandată.

Variantele (A—F) de amplasare a centralei sînt următoarele:

I. Apropierea de resursa primară variantele (A și B).

II. Apropierea de sursa de acumulare a apei de răcire, variantele (C, D) și anume răcire în circuit închis combinat cu răcirea în circuit deschis.

III. Apropiere de fluviul Dunărea cu răcire în circuit deschis variantele (E și F).

Echivalerea soluțiilor de proiectare a unui obiectiv energetic urmărește satisfacerea consumatorilor în mod identic de către fiecare variantă analizată. Echivalarea variantelor din punct de vedere energetic se face sub aspectul cantității de energie electrică și termică furnizată, sub aspectul capacității de producție și sub aspectul calității energiei livrate care privește gradul de siguranță cu care se livrează energia. Diferențele dintre variante se aduc la echivalență prin intermediul conceptului de centrală electrică de echivalare și referință. Necesitatea echivalării soluțiilor pentru necesarul de energie electrică și de putere este determinată de următoarele cauze:

— diferența dintre energiile produse și puterile disponibile în diverse variante, consumul serviciilor interne diferă în variantele examinate, puterea de rezervă necesară nu este aceeași în diverse situații luate în discuție, pierderile de putere și energie în linii și stații nu sînt egale în toate variantele studiate. Variantele care dispun de puteri și energii livrate mai mici vor fi aduse la nivelul variantei maxime.

Scanned with OKEN Scanner

Diferențele de capacități se consideră instalate în centrala electrică de echivalare. Ca centrale de echivalare se pot considera următoarele sisteme de producție:

— centrală de echivalare și referință de bază și semivîrf de 4×330 MW funcționînd cu păcură la un preț de 1 000 lei/t.c.c.

— centrală de echivalare și referință de vîrf de 100 MW echipată cu trei turbine cu gaze în circuit deschis. Temperatura gazelor la ieșire din camera de ardere 800°C. Durata de utilizare a puterii instalate 2 000 ore/an. Prețul combustibilului consumat în centrală 1 000 lei/t.c.c.

Calculul investițiilor și cheltuielilor de echivalare se face astfel:

$$I_{eh} = (P_i - P_k)\, i_{sp}^{eh} \cdot \frac{1}{\eta_{sp}}; \quad C_{eh} = (E_k - E_i)\, p_c^e \cdot \frac{1}{\eta_{sp}}$$

$$B_{eh} = \frac{(E_k - E_i)}{\eta_s} \cdot q; \quad I_m = B_{eh} \cdot i_{sp}^m; \quad C_c^{eh} = B_{eh} \cdot p_c^c$$

în care: I_{eh}; C_{eh} = investițiile și cheltuielile de echivalare;

$P_i > P_k$ = puterile în variantele care se compară;

$E_k > E_i$ = energiile în variantele care se compară;

B_{eh} = combustibilul necesar producerii energiei de echivalare;

$\eta_s = \eta_r \cdot \eta_t \cdot \eta_{sj}$ = coeficientul pierderilor de energie (e) și respectiv putere (p) în sistem (s) ca produs al coeficienților de pierderi în rețele (r), în transformatoare (t) și în centrală (s_i).

— I_m = investiția minieră; i_{sp}^m = investiția specifică minieră;

— C_c^{eh} = cheltuielile pentru combustibilul necesar producerii energiei și puterii de echivalare; p_c^c = costul combustibilului.

Indicatorii tehnico-economici ce trebuie calculați în cadrul unui D.T.E. pentru C.T.E. și C.E.T. sînt cei prevăzuți de HCM — 900/1970 la care se mai adaugă următorii:

— Investițiile specifice în partea termomecanică a sălii cazanelor și sălii mașinilor exclusiv instalațiile AMC. Pentru sala cazanelor investiția se raportează la debitul total orar de abur și la cantitatea totală de căldură livrată anual. Pentru sala mașinilor investiția se raportează la puterea electrică instalată, respectiv la energia produsă anual.

Pentru centralele electrice de termoficare se va determina raportul dintre investiția specifică și cantitatea de abur preconizată a se livra în termoficare.

— Investiția specifică în conductele de înaltă și medie presiune cu excepția conductelor turbinelor, raportată la puterea instalată a centralei, precum și ponderea conductelor în valoarea totală a părții termomecanice. La C.E.T. investiția specifică se va raporta și la debitul total orar de abur al cazanelor.

— Investiția specifică totală în gospodăria de combustibil cu și fără depozitul de combustibil raportată la consumul mediu orar și anual de combustibil convențional.

— Investiția specifică totală în instalațiile de evacuare a zgurii și cenușei cu și fără investițiile inițiale în depozitul de zgură și cenușă.

— Investiția specifică actualizată preconizată pentru o perioadă de 10 ani de la data punerii în funcțiune a ultimului grup raportată la cantitatea

Scanned with OKEN Scanner

anuală de zgură și cenușă în stare uscată, în tone, rezultată din arderea combustibililor solizi.

— Costul evacuării zgurii și cenușei calculat pe etape și la puterea finală a centralei ținînd cont de cantitățile de zgură și cenușă preconizate a se utiliza în scopuri industriale.

— Investiția specifică totală a părții mecanice în epurarea chimică cu și fără costul materialelor raportată la debitul orar nominal al epurării chimice și la debitul total anual de apă demineralizată, calculate pentru cantitatea de condensat returnat dată prin temă.

— Costul apei demineralizate calculat în condiții de calitate al apei brute ținînd cont de cantitatea de condensat returnat stabilită prin temă.

— Investiția specifică totală a circuitului de răcire, inclusiv investițiile în turnuri, baraje, aducțiuni, indiferent de tipul circuitului, raportată la debitul total anual al apei răcite, calculat la numărul de ore de utilizare a puterii instalate, dat ca indicator de plan.

— Investiția specifică în turnurile de răcire propriu-zise, raportată la capacitatea nominală orară a turnurilor, la suprafața de răcire și la volumul apei răcite în turnuri, calculat la numărul mediu al orelor de utilizare anuală a capacității turnurilor, în condițiile unui an cu hidraulicitate medie.

— Costul mediu al apei răcite, calculat pe etape și la puterea finală a centralei, pentru debitul total anual de apă răcită, necesar funcționării, la numărul de ore de utilizare a puterii instalate a centralei dat ca indicator de proiect și la numărul mediu de ore de utilizare anuală a capacității turnurilor de răcire, considerat prin proiect.

Calculul indicatorilor eficienței economice cuprinși în D.T.E. se face utilizînd următoarele elemente:

a_{14}) Centrala electrică de echivalare de bază:

— Combustibil păcură; $P_i = 4 \times 330$ MW;

— Prețul păcurii este de 1 000 lei/t.c.c.;

— Investiția specifică este de 3 900 lei/kW$_i$ neactualizată și de 4 250 lei/kW$_i$ actualizată. Investiția specifică s-a calculat luînd în considerație prețurile din 1975 ale echipamentelor cu considerarea taxelor vamale pentru utilajul din import.

— Costul energiei electrice este $p_c^e = 0{,}354$ lei/kWh la $t_f = 6\,500$ ore/an, fără a lua în considerație cheltuielile cu amortizările 4%—5% din investiții și fără taxele de 4% asupra fondurilor de producție.

— Consumul specific de combustibil pentru echivalare este de 336 g.c.c/kWh livrată.

a_{15}) Centrala electrică de echivalare de vîrf.

— C.T.E. — 3×38 MW; combustibil gaze naturale;

— Investiția specifică neactualizată 4 000 lei/kW$_i$ și actualizată de 4 350 lei/kW$_i$.

Actualizarea s-a făcut la momentul punerii în funcțiune.

— Costul energiei electrice de echivalare și consumul specific de combustibil se pot urmări în tabelul 9.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9

Indicatori	Duratele de utilizare anuală h/an				
	1000	1500	2000	2500	3000
Costul energiei electrice cînd p_c^c = 1000 lei/t.c.c.	0,72	0,68	0,65	0,64	0,62
Costul energiei electrice cînd p_c^c = 1500 lei/t.c.c.	1,02	0,98	0,93	0,92	0,9
Consumul specific de combustibil g.c.c./kWh livrată	600	588	578	567	557

Dacă costul păcurii pe piața mondială se va modifica cu ± 15%, atunci costul combustibilului se va recalcula în mod corespunzător. Costul lignitului este de 422 lei/t.c.c. la care se adaugă transportul (53—55) lei/t.c.c. și costul păcurii care intervine ca suport în procent de 7%. La această valoare se mai adaugă amortizările și taxele pentru fondurile fixe.

În tabelele (10÷11) se dau indicatorii pentru diverse categorii de centrale termoelectrice de condensație de bază și vîrf la o putere instalată de 4×330 MW și 3×38 MW.

C.T.E. — condensație 4 × 330 = 1320 MW

Tabelul 10

Indicatori	Durata de funcționare	Tipul combustibilului				
		Lignit	Păcură	Păcură	Gaze	Lignit
Investiția specifică i_{sp} · lei/kWi neactualizată	—	5200	3900	3900	3800	5200
Investiția specifică i_{sp} lei/kWi actualizată	—	5750	4250	4250	4150	5750
Consum specific de combustibil g.c.c./kWh livrată	5500 ore/an 6000 „ 6200 „ 6500 ore/an	378 372 368 367	345 340 338 336	345 340 338 336	341 336 334 332	378 372 368 367
Costul combustibilului lei/t.c.c.	—	*468,7	385	1000	218	**511,7
Costul de echivalare lei/kWh livrat***	5500 ore/an 6000 ore/an 6200 ore/an 6500 ore/an	0,210 0,207 0,205 0,203	0,153 0,149 0,148 0,147	0,368 0,36 0,357 0,354	0,098 0,092 0,091 0,0895	0,228 0,224 0,221 0,219

* p_c^c = 468,7 lei/t.c.c. cuprinde: 422 lei/t.c.c. cărbune, 385 lei/t.c.c. păcură suport 7% și 55 lei/t.c.c. transport pe (30—40) km.

** p_c^c = 511,7 lei/t.c.c. cuprinde: 422 lei/t.c.c. cărbune, 1000 lei/t.c.c. păcură suport 7% și 53 lei/t.c.c. transport pe (30÷40) km.

*** Costurile nu cuprind cheltuielile pentru amortizări

Scanned with OKEN Scanner

CTG — $P_i = 3 \times 38$ MW centrală de vîrf

Tabelul 11

Indicatori	U.M.	Valoarea specif.	Durata de utilizare anuală a puterii instalate				
			1000	1500	2000	2500	3000
Investiția specifică în 1975 neactualizată	lei/kWi	4000	—	—	—	—	—
Consum specific de combustibil	gcc / kWh	net / brut	600 562	588 553	578 543	568 534	557 524
Costul combustibilului	lei/t.c.c.	1000	—	—	—	—	—
Energia electrică produsă	GWh / an	—	108	162	216	270	324
Energia electrică livrată	GWh / an	—	101	152	203	254	305
Consum anual de combustibil	10^3t.c.c. / an	—	60,6	89,6	117	144	170
Cheltuieli anuale — combustibil — personal — reparații capitale	 10^6 lei 10^6 lei 10^6 lei	 — — —	 60,6 1,3 4,3	 89,6 1,3 6,4	 117 1,3 8,6	 144 1,3 10,7	 170 1,3 10,7
— Alte cheltuieli	10^6 lei	—	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Total cheltuieli amortizări și taxe asupra fondurilor fixe.	10^6 lei	—	72,7	103,7	133,4	162,5	188,5
— Costul echivalării	lei/kWh	—	0,717	0,68	0,65	0,64	0,62
— Amortizările	10^6 lei	5,25% I (I = 432 · 10^6)	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
— taxe 4% din I = 432 · 10^6 și din 10% din cheltuielile totale anuale care apar ca fonduri circulante.	10^6 lei	$\frac{(7,27}{100} \times 4)$	17,3 0,3	17,3 0,4	17,3 0,5	17,3 0,65	17,3 0,8
— Cheltuieli totale	10^6 lei	—	113	144,1	173	203,15	229,3
Costul total	lei/kWh	—	1,12	0,95	0,86	0,8	0,75
Costul total I — 1000 lei/t.c.c. II — 1500 lei/t.c.c.	lei/kWh	I	1,02	0,98	0,93	0,42	0,90
		II	1,42	1,24	1,15	1,08	1,03

Scanned with OKEN Scanner

c. Determinarea cheltuielilor totale actualizate și stabilirea variantei optime.

c_1) $P_{iI} = 3 \times 330$ MW; $t_f = 6\,000$ h/an; $t_{u_i} = 5\,500$ h/an
$P_{iII} = 4 \times 330$ MW.

Indicatorii tehnico-economici ai investițiilor în centrala (A) conform datelor din D.T.E. au următoarele valori:

I. $P_i = 990$ MW		$t_{f_A} = 6600$ h/an					
		A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
— Investiții efective în centrală	10^6 lei	6455	6197	6111	6201	5859	5671
— Investiții pentru lucrări social-culturale.	10^6 lei	51	51	55	55	55	55
— Investiții în aducțiunea apei, acumulări, baraje.	10^6 lei	564	503	196	113	72	9
— Investiții în stații de conexiuni, linii exterioare centralei și în sistem	10^6 lei	278	268	265	283	321	289
— Investiții pentru transportul combustibilului	10^6 lei	—	—	1091	963	1420	1461
— Investiții specifice. lei/kW.		7535	7196	6863	6888	6462	6209
— Investiții pentru transportul combustibilului	10^6 lei	7348	7019	7718	7616	7729	7485
— Investiții totale probabiliste							
II. $P_i = 4 \times 330 = 1320$ MW		$t_f = 6600$ h/an					
— Investiții efective în centrală	10^6 lei	8177	7921	7760	7985	7494	7113
— Investiții în lucrări social-culturale	10^6 lei	60	60	64	64	64	64
— Investiții în aducțiunea apei, acumulări, baraje.	10^6 lei	564	503	196	113	72	9
— Investiții în stația de conexiuni, linii exterioare centralei și în sistem	10^6 lei	323	314	320	360	404	364
— Investiții pentru transportul combustibilului.	10^6 lei	—	—	1115	1041	1548	1583
— Investiții specifice.	10^6 lei	6901	6700	7210	7220	7250	6902
— Investiții totale probabiliste	10^6 lei	9125	8798	9491	9563	9588	9133

Structura investițiilor pe ansamblul variantelor studiate arată astfel:

— Deschiderea și organizarea șantierului — $235 \cdot 10^6$ lei — 3,13%

— Construcții și instalații interioare — $1747,191 \cdot 10^6$ lei — 23,25%

— Montajul instalațiilor — $1324,776 \cdot 10^6$ lei — 17,63%

— Investiții pentru utilajul tehnologic — $3511,372 \cdot 10^6$ lei — 46,73%

— Investiții diverse — $695,663 \cdot 10^6$ lei — 9,26%

— Investiții totale — ($P_i = 990$ MW) $I_t = 7514 \cdot 10^6$ lei — 100%

— Investiția specifică medie $i_{sp}^m = \dfrac{I_t - I_{ada}}{P_i}$

— Investiția pentru aducțiunea apei: $I_{ada} = 108 \cdot 10^6$ lei

Scanned with OKEN Scanner

Investiția specifică medie are următoarele valori:

$$i^{m}_{sp_{I}} = \frac{7514 \cdot 10^6 - 108 \cdot 10^6}{990} = 7\,500 \text{ lei/kWi pentru } P_i = 990 \text{ MW}$$

$$i^{m}_{sp_{II}} = \frac{9286 \cdot 10^6 - 108 \cdot 10^6}{1320} = 6\,800 \text{ lei/kWi pentru } P_i = 1\,320 \text{ MW}$$

Acest indicator scade cu cît puterea instalată a centralei crește.

Pentru determinarea cheltuielilor de producție (exploatare) a centralelor electrice se presupun cunoscute următoarele:

— Producția de energie $E_I = 5\,445$ GWh/an; $E_{II} = 7\,250$ GWh/an, corespunzătoare duratei de utilizare a puterii instalate de 5 500 h/an;

— Durata de funcționare a agregatelor din centrală este de 6 600 h/an. Opririle planificate reprezintă 16,6% din timpul calendaristic ($t_c = 8\,760$ h/an) ceea ce echivalează cu $t_{op} = 1\,460$ ore/an.

Opririle tehnologice reprezintă 8% din timpul calendaristic, ceea ce echivalează cu $t_{ot} = 700$ ore/an. În aceste condiții timpul de funcționare al centralei este $t_f = 8760 - 1\,460 - 700 = 6\,600$ ore/an.

Centrala consumă șisturi bituminoase drept combustibil cu $P_{c_{i_{med}}} = 980$ kcal/kg în proporție de 80,7% și 19,3% păcură ca suport. Prețul combustibilului loco sursă este de 57 lei/t.c.c , iar transportul costă 3,71 lei/tonă. La centrală combustibilul revine la un preț de 60,71 lei/tonă. Consumul specific mediu de combustibil $q_{med} = 366$ gcc/kWh.

Consumul propriu tehnologic inclusiv pierderile în transformatoare este de 13,33%, din care 12,46% în centrală.

— Energia electrică livrată în cele două situații are următoarele valori:

$$E_I = 4\,719 \text{ GWh/an}; \quad E_{II} = 6\,380 \text{ GWh/an}.$$

— Retribuția lucrătorilor se ia în calcul între (20 000 ÷ 30 000) lei/om și an. Pentru cazul studiat $r_m = 28\,000$ lei/om și an (inclusiv cota C.A.R. de 15% conform legislației în vigoare.

— Cotele anuale de amortizare și reparații capitale au valoarea de (4,54÷5,12)%, din investiții. $C_{am} = (3{,}34 \div 4)\%\ I_t$; $r_k = 1{,}2\%\ I_t$.

— Indicele de personal 1,57 om/MW; indicele pentru tehnica nouă 0,5%. Cheltuielile pentru tehnica nouă se determină aplicînd indicele 0,5 % la totalul cheltuielilor anuale.

— Cheltuielile cu studiul fenomenelor (așteptare, gestiunea stocurilor, ordonanțare, decizie) se determină cu un indice de (1—5)% aplicat investițiilor totale.

Cheltuielile de producție se calculează astfel:

— Cheltuieli cu combustibilul $C_c = B_c \cdot p^c_c = E_p \cdot q_c \cdot p^c_c$

$$p^c_c = \frac{60{,}71}{980 \text{ kcal/kg}} \cdot 7\,000 \text{ kcal/kg} \cdot 0{,}807 + 275 \cdot 0{,}193$$

$$p^c_c = (433{,}6 \cdot 0{,}807 + 275 \cdot 0{,}193) = 403 \text{ lei/t.c.c.};$$

$$C_{c_I} = 1\,996\,540 \text{ t.c.c./an} \times 403 \text{ lei/tcc} = 804{,}587 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{c_{II}} = 0{,}366 \cdot 6\,380 \cdot 10^3 \cdot 403 = 1{,}1 \cdot 10^9 \text{ lei/an}$$

Scanned with OKEN Scanner

— *Cheltuieli cu personalul*

$C_p = i_p \cdot P_t \cdot r_m^{an} = N_p \cdot r_m^{an}$

$N_{p_I} = 1\,553$ lucrători; $N_{p_{II}} = 1{,}58 \cdot 1\,320 = 2\,086$ lucrători

$C_{p_I} = 1\,553 \cdot 28 \cdot 10^3 = 43 \cdot 10^6$ lei/an

$C_{p_{II}} = 2\,086 \cdot 28 \cdot 10^3 = 58{,}5 \cdot 10^6$ lei/an

— *Cheltuielile cu amortizările și reparațiile capitale*

$$C_{am+rk_I} = (C_{am} + C_{rk})\frac{I_{t_I}}{100} = \frac{(3{,}92 + 1{,}2)}{100} \cdot 7{,}514 \cdot 10^9 = 384.720 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$C_{am_I} = 294{,}55 \cdot 10^6$ lei/an; $C_{rk_I} = 90{,}17 \cdot 10^6$ lei/an

$$C_{am+rk_{II}} = (3{,}92 + 1{,}2)\frac{I_{t_{II}}}{100} = \frac{5{,}12}{100} \cdot 9{,}286 \cdot 10^9 = 475 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$C_{am_{II}} = 368 \cdot 10^6$ lei/an; $C_{rk_{II}} = 107 \cdot 10^6$ lei/an

— Cheltuieli cu aplicarea teoriilor cercetării operaționale la proiectarea și montajul instalațiilor (așteptare, stocare, echipamente, ordonanțare, inginerie umană și decizie).

$C_{cop} = i_{cop} \cdot I_t = (1 \div 5)\% \cdot I_t = (75 \div 350) \cdot 10^6$ lei/an

— Cheltuieli diverse (chimicale — C_{ch}, materiale auxiliare — C_{aux}, tehnică nouă — C_{tn}, taxă asupra terenului — C_{t_t}, taxe pentru fonduri fixe și fonduri circulante $C_{t_{f_c}}$*).

$C_{dv} = C_{ch} + C_{aux} + C_{t_n} + C_{t_t} + C_{t_{f_c}}$

$$C_{dv} = 1{,}45\frac{C_{am}}{100} + [42 - 3{,}7 \lg(E_p \cdot 10^{-5})]\frac{C_{am}}{100} + \frac{0{,}5}{100} \cdot C_{t_{f_a}} + \frac{0{,}5}{100} C_{t_{f_a}} +$$

$$+ \frac{4}{100}(I_t + I_{f_c}) = [43{,}45 - 3{,}7 \lg(E_p \cdot 10^5)]\ \frac{C_{am}}{100} + \frac{C_{t_{f_a}}}{100} + 0{,}04(I_t + I_{f_c})$$

Energia (E_p) din relația cheltuielilor diverse se exprimă în GWh/an. $C_{t_{f_a}}$ = cheltuielile totale fără amortizări și taxe; I_{f_c} = investiția pentru fonduri circulante; I_t = investiția totală.

Pentru cele două situații luate în considerație
$E_{pI} = 5\,550$ GWh/an și $E_{pII} = 7\,250$ GWh/an rezultă:

$$C_{d_{v_I}} = [43{,}45 - 3{,}7 \lg(5550 \cdot 10^{-5})]\ \frac{294{,}55 \cdot 10^6}{100} + \frac{1{,}341789 \cdot 10^9}{100} +$$

$$+ 0{,}04\,(7514 \cdot 10^6 + 10 \cdot 10^6) = 108{,}999 \cdot 10^6 + 13{,}420 \cdot 10^6 +$$

$$+ 304{,}001 \cdot 10^6 = 426{,}42 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$$C_{d_{v_{II}}} = [43{,}45 - 3{,}7 \lg(7250 \cdot 10^{-5})]\frac{368 \cdot 10^6}{100} + \frac{1{,}74180}{100} \cdot 10^9 +$$

$$+ 0{,}04\,(9286 \cdot 10^6 + 11 \cdot 10^6) = 130 \cdot 10^6 + 17{,}418 \cdot 10^6 +$$

$$+ 371{,}88 \cdot 10^6 = 519{,}3 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

---

* Conform legislației în vigoare, taxele asupra fondurilor s-au înlocuit cu impozitul pe beneficiu.

Scanned with OKEN Scanner

Costul energiei electrice livrate se determină astfel:

$p_{cI_{1\%}} = 0{,}408$ lei/kWh; $p'_{cI_{5\%}} = 0{,}464$ lei/kWh

$p_{cII_{1\%}} = 0{,}371$ lei/kWh; $p'_{cII_{5\%}} = 0{,}456$ lei/kWh

Costurile (p_{cI}, p_{cII}) s-au stabilit luîndu-se în considerație cheltuielile ocazionate de aplicarea cercetării operaționale (1% din investiții). Costurile (p'_{cI} și p'_{cII}) s-au calculat luînd în considerație gama de cheltuieli pe care o generează cercetarea operațională (5% din investiții). Se observă că noua structură a cheltuielilor totale în care apar, cheltuielile cu cercetarea operațională, influențează sensibil costul energiei, deoarece valoarea din proiect este de 0,352 lei/kWh.

Pe baza acestor rezultate se poate trece la determinarea volumului de acumulări (A) și beneficii (B) cu relații de forma:

$$A = I_{in_c} - C_{an}; \quad B = A - C_{fp_t}$$

în care: I_{in_c} = încasările planificate; C_{a_n} = cheltuielile rezultate din calcul; C_{fp_t} = impozitul pe beneficiu.

Intrarea în funcțiuni a grupurilor din centrala A, varianta aleasă 3×330 MW amplasament B, se va face probabil după următoarele grafice: gr I în trimestrul al IV-lea 1979; grupul al II-lea trimestrul IV—1980, iar grupul al treilea în trimestrul III — 1981.

S-a ales această variantă pe baza comparării cheltuielilor totale actualizate din tabelul 11, *a*.

Tabelul 11, a

Amplasamentul	Investiții totale 10^6 lei	Cheltuieli totale 10^6 lei/an	Z_{a_c}		
			Centrala	Total	ΔZ_{a_c}
A V_1	7 348	1 055	8 437,7	8 651	496,7
B V_2	7 019	1 031	7 947	8 154,3	0
C V_3	7 718	1 099	7 290,5	8 607,3	453
D V_4	7 616	1 109	7 312,8	8 532,9	378,6
E V_5	7 727	1 139	6 989	8 744,1	589,8
F V_6	7 485	1 138	7 119	8 854,6	700,3

Structura investițiilor și a cheltuielilor eșalonate pînă în jurul perioadei (1987—2008) se poate urmări în tabelul 11, *b*.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11, b

Cheltuieli actualizate în centrală 10^6 lei $P_{iI} = 990$ MW; $P_{iII} = 1320$ MW

Amplasamentul B	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987-2008
Inv. ef. + conexe I	483	1446	1871	847	1906	1906	—	—	—	—	—	—
Echivalare putere I	—	—	—	467,8	206,5	—42,9	512,1	—301,6	—672,7	—161,4	5,6	—
Investiții totale I	483	1446	1871	1990	1053,5	1863	512,1	—301,6	—672,7	—161,4	5,6	—
Cheltuieli anuale efective I	—	—	—	—	177,2	258,1	438,8	651,1	735	748	748,9	748,9
Echivalarea energ. I	—	—	—	120,5	172,3	162,5	293	214,3	31,8	0	0	—
Total cheltuieli I	—	—	—	120,5	349,5	420,6	731,8	865,4	776,8	748,9	748,9	748,9
Z_{acI}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7947,5
Inv. ef. + conexe II	483	1 442	1 871	847	1906	1 849	238	1 003	503,1	—	—	—
Echiv. putere II	—	—	—	467,8	206,5	—42,9	512,1	—301,6	—672,7	351,8	156,7	—510,4
Investiții totale II	483	1 442	1 871	1 440	1 053,5	1 801,1	750,1	701,4	—169,6	351,8	156,7	—510,4
Cheltuieli anuale efective II	—	—	—	—	177,2	258,1	438,8	651,1	735	748,9	893,2	977
Echivalare energie II	—	—	—	120,5	349,5	162,5	293	214,3	41,8	124,3	173,1	41,9
Total cheltuieli II	—	—	—	120,5	349,5	2221,7	731,8	865,4	776,8	873,2	1 066,3	977,7
Z_{acII}												9 340,9

Scanned with OKEN Scanner

Structura costurilor arată astfel:

	$P_{i_I} = 990$ MW;	$P_{i_{II}} = 1320$ MW
— Cheltuieli cu combustibilul	46,4%	43,5%
— Cheltuieli cu amortizările și reparațiile capitale	21,5%	19,4%
— Cheltuieli cu personalul muncitor	2,4%	2,2%
— Cheltuieli cu aplicarea cercetării operaționale	4,2%	13,9%
— Cheltuieli diverse	26,5%	21%

Dacă se respectă calculația din D.T.E A—N atunci rezultă următoarea structură a costurilor:

— Cheltuieli cu combustibilul	170,5 lei/MWh	48,4%
— Cheltuieli pentru amortizări și reparații	104,1 lei/MWh	29,6%
— Cheltuieli cu personalul muncitor plus alte cheltuieli (tehnică nouă, chimicale)	11,3 lei/MWh	3,25%
— Cheltuieli diverse	66,1 lei/MWh	18,75%
— Costul energiei	352 lei/MWh	100%

Tabelul 11, c

Nr. crt.	Specificația	U. M.	C.T.E AN	C.T.E. TR	C.T.E. RV
0	1	2	3	4	5
1	P_i	MW	3 × 330	4 × 330	4 × 330
2	Debit nominal cazane	t/h	6 × 520	4 × 1 035	4 × 1 035
3	Parametri aburi la cazane	ata/°C/°C	196/540/540	Identic	Identic
4	Temp. nomin. apă de răcire	°C	15	15	15
5	Tip combustibil		80,7% sist. bit. 19,3% păcură	9,3% lignit 7% păcură	93% lignit 7% păcură
6	P_c med. inferioară	$\frac{kcal}{kg}$	980	1 600	1 600
7	η cazane	%	82	87,5	87,5
8	Inv. totală	mil. lei	7 514 (8 000)	5 516	5 830,6
9	Inv. sp. energ.	lei/kWi	7 545 (8 080)	4 179	3 811
10	Pondere C + M în val. investiții	%	44,0 (40,2)	37,3	40,7
11	Valoarea totală import	mil. lei valută	140,2 (153)	175,6	176,5
	— clearing țări socialiste	„	27,0 (40)	72,5	16,3
	— devize libere	„	113,2	103,1	160,2
12	Durata de utilizare a P_i	h/an	5 500	5 500	5 500
13	Energia electrică produsă	GWh/an	5 545	7 260	7 260

Scanned with OKEN Scanner

Compararea indicatorilor tehnico-economici ai centralei (A.N.) cu C.T.E. — (T.R.) și C.T.E. (R.V.) se poate urmări în tabelul 11, *c*.

Tabelul 11, c (continuare)

0	1.	2	3	4	5
14	Energia electrică livrată	GWh/an	4 719	6 662	6 687
15	Consum intern total energie electrică	%	13,33	8,24	7,90
16	Costul combustibil	lei/tcc	403	427,2	411
17	Cons. sp. comb. mediu anual	g.c.c./kWh	366	341	341
18	Personal	oameni	1 553 (1450)	1 320	1 364 (1.100)
19	Personal specific	om/MW_i	1,57 (1,45)	1,0	1,033 (0,83)
20	Cheltuieli anuale exploat.	mil. lei/an	1 663,1	1 707,9	1 630,8
21	p_c energ. electr. livrată.	lei/kWh	0,352	0,256	0,245
	a) comb.	lei/kWh	0,170	0,159	0,152
	b) amortizări, alte cheltuieli taxe asigurare, fond de produc.	lei/kWh	0,169	0,087	0,084
	c) personal muncitor	lei/kWh	0,009	0,006	0,006
	d) Celelalte cheltuieli	lei/kWh	0,004	0,004	0,003

b. *Studiul privind extinderea instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice și termice în sistemul energetic și la consumatori.*

b_1. Racordarea unei C.H.E. la sistemul energetic prin LEA = 220kV.

O centrală hidroelectrică de vîrf, cu o durată anuală de utilizare a puterii instalate de 2 200 ore/an la un timp de pierderi t_p = 1 000 ore/an, urmează a intra în funcțiune în anul de studii 0, cu o putere de 175 MW și în anul 10 la profilul final de 350 MW.

Pentru racordarea centralei electrice la sistem au fost studiate mai multe variante din care au fost reținute doar două și anume:

Varianta I prevede racordarea centralei printr-o LEA 220kV dublu circuit (d.c.), cu conductoare de 3 × 450 mm² OL AL, avînd o lungime de 50 km pînă la stația A de 220/110 kV existentă în SEN. Stația A are în prezent o linie de 220 kV d.c. bloc cu 2 autotrafo de 220/110 kV. Prin racordarea noii linii cu d.c. este necesar ca în stația A să se realizeze un sistem de bare cu cuple corespunzătoare.

Varianta II prevede o LEA 220 kV dublu circuit (d.c.) 3 × 450 mm² OL AL L = 35 km, pînă la stația B de 220/110 kV existentă în SEN, dar amplasată în direcție diametral opusă stației A. Datorită configurației sistemului, în această variantă pierderile de putere la vîrf de sarcină sînt mai mari în

Scanned with OKEN Scanner

Varianta B cu 7 MW în anii (0—1), cu 9 MW în anii (2—3—4), cu 10 MW în anii (5, 6, 7, 8) și cu 8 MW în anii (9—10).

Calculul tehnico-economic comparativ se face în următoarea manieră:

Se aplică criteriul cheltuielilor totale actualizate sub forma:

$$Z_{a_c} = I_{act} + C_{act} - R_{nact}.$$

— durata de studii — 10 ani;

— coeficient de actualizare $p_n = 0{,}08\ \text{ani}^{-1}$

Varianta I

1. Investiții

Linia 220 kV — 50 km $\quad I_{LEA} = 50 \cdot 10^6$ lei

Stația *A* $\quad I_{SA} = 18 \cdot 10^6$ lei

(6 celule 220 kV)

Investițiile totale au valoarea: $I_t = 68 \cdot 10^6$ lei.

Executîndu-se într-un singur an investițiile au valoarea:

$$I_1 = I_{act_1} = 68 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

2. Cheltuieli anuale

Conform PE — 011, cheltuielile anuale se determină cu un procent din valoarea fondurilor fixe (a investițiilor) de 2,5%.

Deci:

$$C_{al} = 68 \cdot 0{,}025 = 1{,}7 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Făcîndu-se calculul actualizării pe 10 ani rezultă:

$$C_{a\,act\,10} = 12{,}2 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

3. Valoarea remanentă

$$R_{n_1} = 47{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei}; \quad R_{n_{act}} = 22 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

4. Cheltuielile totale actualizate

$$Z_{ac_1} = 68 + 12{,}2 - 22 = 58{,}2 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

Varianta II

$$I_2 = I_{directe} + I_{echivalare}$$

1. Investiții directe. ($I_{directe}$)

LEA 220 kV — 35 km $\quad I_{d_1} = 35 \cdot 10^6$ lei

Stația de 220/110 kV (2 celule în stația B) $I_{d_2} = 6 \cdot 10^6$ lei

$$I_{td} = I_{dir_2} = I_{dir\,act\,2} = 41 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

2. $I_{echiv\,act} = P_{eh} \cdot t_{sp}^{ech} = 8{,}4 \cdot 5{,}2 \cdot 10^6 = 43{,}7 \cdot 10^6$ lei

$$I_{2\,act} = 41 + 43{,}7 = 84{,}7 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

Scanned with OKEN Scanner

2. Cheltuielile anuale se calculează ca în varianta I, dar se adaugă pierderile de putere care reclamă cheltuieli de echivalare și investiții de echivalare ($I_{ech_2} = 43{,}7 \cdot 10^6$ lei).

Cheltuielile de exploatare și echivalare se determină astfel:

$$C_2 = C_{expl} + C_{echiv}$$

Cheltuielile de exploatare se determină astfel:

$$C_{expl_2} = 41 \cdot 0{,}025 = 1 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_{expl_{2\,act}} = 7{,}1 \cdot 10^6 \text{ lei pentru 10 ani.}$$

Cheltuielile de echivalare au structura din tabelul 11, *d*.

Tabelul 11, d

Categoria	anul										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pierderi de putere totale MW	+7	+7	+9	+9	+9	+10	+10	+10	+10	+8	+8
Pierderi de putere diferențiate MW	+7	0	+2	0	0	+1	0	0	0	−2	0
Idem dar actualizate	+7	0	+1,7	0	0	+0,7	0	0	0	−1	0
Pierderi de energie anuale MWh oră. 10^3	+7	+7	+9	+9	+9	+10	+10	+10	+10	+8	+8
Idem actualizate MWh. 10^3	+7	+6,5	+7,7	+7,1	+6,7	+6,8	+6,3	+5,9	+5,4	+4	+3,7
Cheltuieli act. în pierderi la 0,35 lei/kWh											23,5

Cheltuielile totale actualizate pentru varianta II au următoarea valoare:

$$C_{2\,act} = (7{,}1 + 23{,}5)10^6 = 30{,}6 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

3. Valoarea remanentă în varianta II se scrie astfel:

$$R_{n_2} = 28{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei}; \quad R_{n_{act\,2}} = 13{,}3 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

4. Cheltuielile totale actualizate:

$$Z_{act_2} = (84{,}7 + 30{,}6 - 13{,}3)10^6 = 102 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

Scanned with OKEN Scanner

Recapitularea rezultatelor.

Tabelul 11, e

Varianta	Investiții actualizate		Cheltuieli anuale actualizate		Valoare remanentă	Total chelt. actualizate
	directe 10^6 lei	de echiv. 10^6 lei	directe 10^6 lei	de echiv. 10^6 lei	10^6 lei	10^6 lei
I	68	—	12,2	—	22	58,2
II	41	43,7	7,1	23,5	13,3	102

Se observă că varianta I este mai avantajoasă deși prezintă investiții inițiale mai mari cu circa 70% decît în varianta II.

b_2. *Studiul montării a două cabluri de 6 kV*

Este necesară montarea a două cabluri de 6 kV pe distanța de 5 km de punctul de alimentare. Fiecare cablu suportă 190 A. Graficul de sarcină al ambelor linii este același. În acest scop se pot utiliza cabluri de secțiuni diferite și anume:

$$S_1 = 70 \text{ mm}^2;\ S_2 = 95 \text{ mm}^2;\ S_3 = 120 \text{ mm}^2.$$

Din punct de vedere al stabilității termice toate secțiunile corespund. Se cere să se aleagă secțiunea economică a cablurilor de 6 kV.

Investițiile inițiale și cheltuielile ocazionate de pierderile de energie, pe cei 10 ani luați în considerare au următoarele valori:

Tabelul 11, f

Secțiunea mm²	Investiții mii lei	Cheltuieli* anuale în pierderi	Cheltuieli** anuale în pierderi	Obs.
70	550	227	82	
95	650	182	62	
120	750	136	49	

* la costul de echivalare de 0,67 lei/kWh conform normativului PE — 0,11
** la costul de 0,31 lei/kWh preț mediu de vînzare pe sistem la consumatori.

Să presupunem că acest calcul este efectuat în două ipoteze și anume:

I. *Ipoteza A*

1. Criteriul minimizării cheltuielilor anuale de calcul (Z).
2. Costul pierderilor de energie electrică — 0,31 lei/kWh preț mediu de vînzare pe sistem.

II. *Ipoteza B*

1. Criteriul cheltuielilor totale actualizate minime.

Scanned with OKEN Scanner

2. Costul pierderilor de energie electrică — conform normativului PE-011 (costurile de echivalare care pentru tensiunea de 6 kV sînt de 0,67 lei/kWh).

3. Durata de studiu 10 ani, rata de actualizare (8—10)%.

Rezultatele de calcul în ipoteza A.

$Z_A = C_t + p_n I_t = \text{minim};$

$Z_{70} = (550 \cdot 0{,}10 + 82) \cdot 10^3 = (55 + 82)\ 10^3 = 137\,000$ lei;

$Z_{95} = (650 \cdot 0{,}10 + 62) \cdot 10^3 = (65 + 62)\ 10^3 = 127\,000$ lei;

$Z_{120} = (750 \cdot 0{,}10 + 49) \cdot 10^3 = (75 + 49)\ 10^3 = 124\,000$ lei.

Se recomandă alegerea secțiunii de 120 mm², deoarece diferența de cheltuieli anuale între varianta cea mai economică (120) și ultima clasată este de 13.000 lei (10%).

Rezultatele obținute la aplicarea ipotezei B sînt următoarele:

$$Z_{ac_B} = (I_{act} + C_{act} - R_{n\,act})_B.$$

Întrucît cablul se montează într-o lună $I_{act} = I_B$, iar valoarea lui R_n va fi diferită la sfîrșitul anului al zecelea deoarece costul cablului este diferit în cele trei variante: Mărimea R_n se calculează după o relație de forma:

$$R_n = I(1 - an)$$

unde:

a — rata amortizării = 0,04;

n — anul de studiu = 10 ani.

Dacă se fac calculele cu valorile lui (a) și (n) atunci rezultă:

$R_{70} = 550\ (1 - 0{,}04 \cdot 10) \cdot 10^3 = 330\,000$ lei;

$R_{95} = 650\ (1 - 0{,}04 \cdot 10) \cdot 10^3 = 390\,000$ lei;

$R_{120} = 750\ (1 - 0{,}04 \cdot 10) \cdot 10^3 = 450\,000$ lei.

Valorile actualizate se pot pune sub următoarea formă:

$R_{70\,act} = (330 \cdot 0{,}46) \cdot 10^3 = 152\,000$ lei;

$R_{95\,act} = (390 \cdot 0{,}46) \cdot 10^3 = 179\,000$ lei;

$R_{120\,act} = (450 \cdot 0{,}46) \cdot 10^3 = 207\,000$ lei.

Pentru 10 ani de studiu cheltuielile actualizate au următoarele valori:

$C_{70\,act} = 1\,520\,000$ lei; $C_{95\,act} = 1\,220\,000$ lei; $C_{120\,act} = 912\,000$ lei.

Cheltuielile totale actualizate în ipoteza B au următoarele valori:

$Z^{ac}_{70} = (550 + 1520 - 152) \cdot 10^3 = 1\,898\,000$ lei;

$Z^{ac}_{95} = (650 + 1220 - 179) \cdot 10^3 = 1\,691\,000$ lei;

$Z^{ac}_{120} = (750 + 912 - 207) \cdot 10^3 = 1\,455\,000$ lei.

Deci în ipoteza (B) se alege tot secțiunea de 120 mm², deoarece:

$$Z^{ac}_{120} < Z^{ac}_{95} < Z^{ac}_{70}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Fundamentarea deciziei în ipoteza B este mult mai temeinică pentru că diferența între varianta $S_3 = 120$ și $S_1 = 70$ este de data aceasta de 27%, rezultată din următoarele calcule:

$$d_{120-70} = \frac{Z_{70}^{ac} - Z_{120}^{ac}}{Z_{70}^{ac}} \cdot 100 = \frac{1898 - 1455}{1898} \cdot 100 = \frac{443}{1898} \cdot 100 = 27\%.$$

Acest fapt este important, deoarece iată ce s-a întîmplat: la proiectant a venit reprezentantul executantului care a cerut să se înlocuiască cablul de 120 mm cu un altul de 70 m, pe baza unui calcul efectuat de executant.

Calculul efectuat de executant are următoarea structură:

I. *Investiții*

$I_{70} = 550\,000$ lei; $I_{95} = 650\,000$ lei; $I_{120} = 750\,000$ lei

Prin urmare, prin adoptarea variantei 70, se economisesc 200 000 lei la fondurile de investiții.

II. *Cheltuieli*

Deosebim două categorii de cheltuieli și anume:

a) În aluminiu (pe care proiectantul nu le-a considerat);

b) Pierderi de energie electrică.

a. *Cheltuieli în aluminiu*

Cantitățile de aluminiu în cablu, respectiv consumul de energie electrică necesar tehnologiei aluminiului sînt următoarele:

Tabelul 11, g

Secțiunea	km	Cantitatea de aluminiu în tone	Consum specific de energie electrică kWh/t	Consum total de energie electrică (kWh)	Cost * total mii lei
70	5	8,0	15 000	120 000	36
95	5	10,8	15 000	162 000	48,6
120	5	13,7	15 000	206 000	61,8

* la prețul de 0,30 lei/kWh

Din cele prezentate de executant rezultă:

— secțiunea de 70 mm² prezintă în comparație cu cea de 120 mm² o economie de 5,7 t aluminiu, 25,8 mii lei la costul energiei electrice, 86 000 kWh energie electrică, ceea ce la un consum specific de 0,330 kg c.c./kWh reprezintă o diferență de consum total $B = 28{,}4$ t.c.c.

$$B_{cons_{70}} = 86\,000 \cdot 0{,}33 = 28\,380 \text{ kg} = 28{,}4 \text{ tone c.c.}$$

Considerînd acest combustibil ca fiind păcura, țara noastră ar obține la export un preț de 1000 lei/tonă c.c. în valută, de 28,4 mii lei.

Recapitulînd se obțin următoarele diferențe de costuri referitoare la aluminiu între varianta 120 și 70.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11, h

categoria	U/M	P/U	Diferențe	Cost total mii lei.
aluminiu	lei/t	25.000	5,7 tone	142,5
costul energiei electrice	lei/kWh	0,30	86 000 kWh	25,8
costul echivalent al păcurii	lei/t	1 000	28,4 tone	28,4
TOTAL				196,7

b. *Pierderi de energie electrică*

Conform datelor furnizate de proiectant, pierderile și respectiv costurile de energie electrică sînt mai mari în varianta 70 decît în cea de 120 mm².

$$d_{c_1} = 82 - 49 = 33 \cdot 10^3 \text{ lei/an}$$

Dacă se împart diferențele de costuri în aluminiu la $t_r = 10$ (durata de recuperare normată) se obțin cheltuielile la nivelul unui an sub forma:

$$C_{an} = \frac{196,7}{10} = 19,7 \cdot 10^3 \text{ lei/an}$$

în avantajul variantei cu $S_1 = 70$ mm².

Scăzînd costurile de energie electrică de 33 000 lei/an se obține:

$$d_{c_2} = 19,7 - 33 = -13,7 \cdot 10^3 \text{ lei/an}$$

sumă care reprezintă pierderile reale ale variantei cu $S_1 = 70$ mm².

Efectuînd calculul comparativ al investițiilor și cheltuielilor anuale se obține următorul rezultat:

Tabelul 11, i

Secțiune	Investiții mii lei.	I	C
70 mm²	550	0	$13,7 \cdot 10^3$ lei
120 mm²	750	$200 \cdot 10^3$ lei	0

$$Z_{70} = (550\ p_n + 13,7) \cdot 10^3 = (55 + 13,7)10^3 = 68\,700 \text{ lei}$$

$$Z_{120} = (750\ p_n + 0) \cdot 10^3 = (75 + 0) \cdot 10^3 = 75\,000 \text{ lei}$$

Din cele prezentate rezultă următoarele:

Varianta cu $S_1 = 70$ mm² este net mai avantajoasă, prezentînd o economie de 6,3 mii lei/an prin metoda cheltuielilor anuale de calcul și o economie de 200 000 lei/an la investiții. Durata de recuperare a investiției raportată la diferența de cheltuieli anuale este:

$$t_r = \frac{200}{13,7} = 14,5 \text{ ani} > 10 \text{ ani}$$

Scanned with OKEN Scanner

Executantul propunînd o astfel de raționalizare cere ca proiectantul să cadă de acord cu propunerea sa, fără a se diminua însă costurile din devizul general, diferențele urmînd să fie însușite de către întreprinderea de execuție, care apare în calitate de „apărător" al intereselor statului.

Proiectantul nesesizînd erorile grave din calculul făcut de executant, a dat acest acord, lăsîndu-se ușor convins. La acest fapt a contribuit și un alt coleg care i-a arătat că dacă ar fi luat $p_n = 0{,}15$, calculele sale ar fi arătat că (0,15, cifră recomandată de unele materiale ale CSP) — varianta 95 este cea mai economică, astfel:

$$Z_{70} = (82{,}5 + 82)10^3 = 164{,}5 \text{ mii lei (III)}$$

$$Z_{95} = (96{,}5 + 62)10^3 = 159{,}5 \text{ mii lei (I)}$$

$$Z_{120} = (112{,}5 + 49)10^3 = 161{,}5 \text{ mii lei(II)}$$

Probleme de rezolvat în urma aplicării teoriei cazurilor se pot formula astfel:

— care sînt principalele erori de calcul ale executantului?

— care este calculul corect al eficienței economice?

— cît pierde societatea prin acceptul dat de proiectantul I în lumina calculului corect?

— care din problemele sesizate de executant în calculul efectuat de el este principial justă?

— în care dintre criterii problema anterioară este luată în considerare și în ce mod?

Investițiile specifice, costul energiei, cota pentru cheltuielile anuale din structura relațiilor aplicate în problemele (16, *a*, *b*) se pot urmări în tabelele din anexa 1 (A—1—1) — (A—1—8).

c. *Studiul privind alegerea soluției optime în cazul termoficării unui oraș*

În scopul reducerii consumului de hidrocarburi municipalitatea orașului *B* cere să se studieze oportunitatea termoficării urbane. În oraș funcționează cazane tip tubal de 0,875 G cal./h cu randament scăzut pe hidrocarburi și se preconizează introducerea unei instalații noi de termoficare.

În oraș mai funcționează independent 3 centrale termice producătoare de apă fierbinte cu capacități între $(50 \div 200)\frac{\text{G. cal}}{\text{h}}$.

Evoluția consumatorilor de căldură prin agentul termic (apă fierbinte) se poate urmări în cele ce urmează:

	1975	1980	1985
— consum maxim orar	630	750	871 Gcal/h
— din care:			
— consum industrial	365	380	395 „
— consum urban	265	370	475 „

Scanned with OKEN Scanner

Conform directivelor de partid, centrala de termoficare care se cere studiată va funcționa pe lignit, cu combustibil suport păcură în pondere 10% (pentru C.E.T. s-au studiat trei amplasamente, din care, în urma calculelor tehnico-economice s-a ales un amplasament convenabil).

Proiectantul a studiat un mare număr de variante, selecționînd (la faza de S.P.A.) în urma calculelor tehnico-economice 3 variante, care prezintă maximum de interes și anume:

Varianta I

Asigurarea alimentării cu căldură din instalațiile existente, cu preluarea sporului de consum pentru perioada 1976—1985, din C.T.E. cu cazane de 3 Gcal/h, $\eta = 88\%$ pe hidrocarburi.

Varianta II

Construirea unei C.R. pe lignit echipată cu 2 cazane × 525 t/h, 196 ata, 540/570°C, 2 turbine tip FIL — 160 MW cu condensație și priză, 2 grupuri de 330 MW, 6 C.A.F. × 150 Gcal/h pe lignit.

Grupul 1 urmează să intre în funcțiune în 1980, al doilea în 1983.

Varianta III

Construirea unei C.T.E. pe lignit echipată cu: 2 cazane × 1030 t/h, 196 ata, 540/540°C, (2 + 2) turbine 330 MW cu condensație și priză adoptate din cele de condensație pură (soluție pusă de acord cu industria), 3 C.A.F. × × 100 Gcal/h pe lignit.

Pentru orașul *A* se proiectează o centrală III de 4 × 330 MW, care urmează a intra în funcțiune în perioada 1981—1984.

Întrucît cantitatea disponibilă de lignit este limitată la nivelul anilor 1980 și 1983, deoarece industria nu poate livra un număr mai mare de grupuri, variantele II și III presupun renunțarea la 2 grupuri de 330 MW din centrala pe lignit proiectată la gura minei. Această centrală de condensație (III) 4 × 330 MW este programată să intre în funcțiune în anii 1981—1984. Prin preluarea a două grupuri din C.T.E. III și montarea lor în orașul C.R. au loc următoarele mutații:

A. Investiția specifică neactualizată în C.T.E. III crește de la 5200 lei/kW$_i$ la 6100 lei /kWi (2 grupuri în loc de 4).

B. Pierderile în rețeaua de înaltă tensiune scad, întrucît centrala amplasată în orașul C.R. este foarte apropiată de centrul de consum al țării. În schimb cresc cheltuielile cu transportul combustibilului.

C. În varianta II, care presupune montarea unor grupuri de putere mai redusă în C.E.T. centrala C.R. este necesară, la nivel național o putere suplimentară în condensație, de 330 MW, pentru care există cantitățile de lignit disponibile se impune dar această putere nu poate fi livrată decît cu o întîrziere de un an. Prin urmare, pentru acoperirea cererii de energie electrică pentru anul considerat este necesară asigurarea unei noi surse de energie. S-au analizat trei variante de acoperire a acestei cereri și anume:

a) devansarea unei mari centrale hidroelectrice de bază;

b) importul de energie electrică;

Scanned with OKEN Scanner

c) importul unui grup de condensație de 315 MW, pe lignit și montarea lui în centrala C.R.

Calculele tehnico-economice au arătat că varianta „c" este cea mai economică, iar tatonările preliminare cu furnizorul X au arătat că se poate conta pe această soluție.

Investiția specifică neactualizată în extinderea centralei C.R. se estimează la 5 700 lei/kWi în prețuri 1975 (inclusiv taxele vamale), iar costul energiei electrice este de 0,25 lei/kWh la barele centralei.

D. Investițiile în rețeaua de foarte înaltă tensiune a țării scad la nivelul anilor 1980—1984 cu circa 100 milioane lei în varianta II(circa 100 km/linii) cu considerarea centralei C.R., 250 milioane lei în varianta III (circa 130 km linii 400 kV).

E. Este necesar un parc suplimentar de 300 vagoane în rețeaua C.F.R. dar ale căror costuri, fiind investiții conexe într-o ramură care aduce venit net, nu vor fi luate în considerare în calculele comparative deoarece acestea se reflectă în costul transportului combustibilului.

F. În variantele II și III pentru vîrful de iarnă este necesar un import suplimentar de energie electrică pentru acoperirea vîrfului în anul 1982. Prețul de achiziție al energiei electrice de vîrf de import la cursul de revenire în vigoare este de 0,19 lei/kWh; calculele de prognoză efectuate în acest scop au arătat că la nivelul anului 1982 se poate conta pe un preț de circa 0,23 lei /kWh la orele de vîrf, inclusiv pierderile în rețea. În total este necesar importul a 1×10^9 kWh în anul considerat.

Datele pentru comparația tehnico-economică a variantelor atît pe baza cheltuielilor totale actualizate, cît și a criteriului cheltuielilor anuale de calcul (Z) se referă la consumurile de energie, la investiții și la cheltuieli de exploatare.

Energiile livrate consumatorilor la nivelul anului 1985 au următoarele valori:

Tabelul 12, a

Varianta	1	2	3
Căldura livrată Gcal/h	871	871	871
Căldura livrată Gcal/an	1 740	1 810	1 810
Energie electrică produsă GWh/an	—	1 920	3 960
Consumul de combustibil mii t.c.c./an	307,4	823	1 494,5
din care:			
— pentru căldura livrată	307,4	312,9	311,5
— pentru energia electrică produsă	—	510,1	1 183
din care:			
— lignit	—	740,7	1 345,0
— hidrocarburi	307,4	82,3	149,5
Diferențe de echivalare			
Energia electrică produsă GWh/an	3 960	2 040	0
Putere MW	560	290	—

Scanned with OKEN Scanner

Investiții (neactualizate) în mii lei se referă la următoarele obiective:

Tabelul 12, b

Componente / Var.	1	2(+,−)	3(+,−)
Centrala termică	150	—	—
C.E.T.	—	2 700	4 000
Lucrări în zona C.E.T.	—	99	154
Rețea termică	—	165	165
Puncte termice (P.T.)	—	29	29
Rețele de înaltă tensiune în sistemul energetic național (S.E.N).	—	(−) 100	(−) 250
Centrala C.R.	—	1 790	—
Investiții de echivalare de putere corespunzătoare pierderilor în S.E.N.	—	(−) 56	(−) 109
Modernizări în PT existente	50	—	—
Centrala III	3 520	—	—
Diferențe (6100—5200) lei/ /kWi)	—	57 (pentru 660 MW)	57 (pentru 660 MW)
TOTAL	3 720	4 684	4 046

Cheltuielile de exploatare, fără componentele amortizări vor avea la nivelul anului 1985 următoarea structură:

Tabelul 12, c

Co mponente / Var.	1 în milioane lei/an	2	3
în C.T.	162	—	—
în C.E.T.	—	431	751
în transport comb.	9	146	265
în zona C.E.T. (hidro, etc.).	—	7	10
în R.T.	—	5	5
în P.T. noi	—	7	7
în rețeaua de I.T.	—	(−) 37	(−) 73
Centrala C.R.	—	507 (pentru 0,25 lei/kWh)	—
Centrala III	900 (pentru 0,21 lei/kWh)	—	—
Modernizări C.T. existente	(−) 20	—	—
Import de energie electrică	—	230 (1982) (pt. $1 \cdot 10^9$ kWh)	230 (1982) (pt. $1 \cdot 10^9$ kWh)
Alte cheltuieli din centrala de echivalare	—	4	10
Diferența între prețul intern al hidrocarburilor și preț de echivalare	199	53	97
Consumul de hidrocarburi în tone c.c./an	307	82	150
Total pentru 1985	1 250	1 116	1 072

Scanned with OKEN Scanner

Calculul comparativ al variantelor prin aplicarea cheltuielilor anuale de calcul Z, pentru anul 1985.

În scopul comparării cheltuielilor totale actualizate cu cheltuielile de calcul Z, se va face un calcul prin Z, pentru anul 1985 cu o relație de forma:

$$Z_c = C_c + p_n I_c = \text{minim}$$

în care:

I_c — investiția totală;

p_n — coeficientul de eficiență egal cu (0,10—0,08);

C_c — cheltuielile anuale de exploatare.

Rezultatele calculului se pot urmări în tabelul de mai jos:

Tabelul 12, d

Varianta	I 10^6 lei	Ip_n 10^6 lei	C_c 10^6 lei	Z_c 10^6 lei
I	3 720	372,0	1 250	1 622
II	4 684	468,4	1 116	1 584,4
III	4 046	404,6	1 072	1 476,6

Prin urmare, varianta III reiese ca fiind cea mai economică. În acest calcul am neglijat faptul că în 1982 are loc un mare import de energie electrică. S-a neglijat de asemenea aspectul actualizării investițiilor și al cheltuielilor de exploatare.

Din calculele prezentate rezultă următoarele:

— ponderea cheltuielilor de exploatare este foarte mare (aproape 3/4);

— varianta III prezintă diferențe față de I de 145 mil lei/an ceea ce o detașează net față de varianta I;

— în cazul în care se scot din cheltuieli diferențele de echivalare între prețul intern al păcurii și cel de pe piața mondială, ordinea soluțiilor nu rămîne aceeași; pe locul 1 rămîne varianta III, dar pe locul 2 trece varianta I, cu soluția de alimentare prin centrale termice. Ierarhizarea variantelor în acest caz arată astfel:

	I	Ip_n	C	Z	
I	3 720	372,0	1 051	1 423	3
II	4 484	468,4	1 063	1 531,4	2
III	4 046	404,6	975	1 379,6	1

Acum vom analiza cheltuielile și investițiile de exploatare și vom efectua un calcul comparativ prin metoda actualizării.

Scanned with OKEN Scanner

Calculul comparativ al variantelor prin aplicarea cheltuielilor totale actualizate

Varianta I

Totalul investițiilor după devizul general este 3 720 mil lei
Investițiile actualizate au valoarea:

$$I_{act} = k_{act} I_{n\,act} = 3\,720 \cdot 1{,}11 = 4\,129 \text{ mil lei}$$

Varianta II

a) $I_{CET_{deviz\ general}} = 2\,989$ mil lei

Momentul actualizării se stabilește la sfîrșitul anului 1980 deoarece grupul 1 va intra în funcțiune în 1981 iar grupul al doilea în 1983. Eșalonarea investițiilor pînă în anul 1983 arată astfel:

Tabelul 12, e

Anii	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Investiții neactualizate	100	350	500	650	500	500	500
$I_{act} = 3460\ 10^6$ lei	147	442	580	700	465	430	396

b) $I_{centrală\ C.R.} = 1\,790$ mil lei

$I_{centrală\ C.R._{act}} = (1\,790 \cdot 1{,}11)10^6 = 1\,987$ mil lei

c) $I_{dif\ C.R._{III}} = 57$ mil lei

$I_{dif\ C.R._{III act}} = 57 \times 1{,}11 = 63$ mil lei

$$I_2 = I_{C.E.T.\ act} + I_{centr\ C_{act}} + I_{dif_{C_{III act}}} - I_{echiv}$$

$$I_2 = (3\,460 + 1\,987 + 63 - 156)\ 10^6 = 5\,354 \text{ mil lei}$$

Varianta III

a) $I_{C.E.T.} = 4\,348$ mil lei

Anii	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Anul	250	500	700	1000	500	600	650	148
$I_{act} =$	4	3	2	1	−1	−2	−3	−4
$=4497\ 10^6$	340	660	814	1080	464	516	516	107

b) $I_{dif\ C_{III act}} = I_{dif} \cdot 1{,}11 = (57 \cdot 1{,}11)\ 10^6 = 63$ mil lei

$$I_3 = I_{CET_{act}} + I_{dif_{C_{III act}}} - I_{echiv};$$

$$I_3 = (4\,497 + 63 - 359)\ 10^6 = 4\,201 \text{ mil lei}$$

Scanned with OKEN Scanner

Actualizarea cheltuielilor de exploatare luînd ca moment de raportare anul 1980 și cu extinderea calculației pînă în anul 1992, arată astfel:

Varianta I

Cheltuielile totale (inclusiv cele de echivalare) pe ani au următoarele valori:

Tabelul 12, f

Anii	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Cheltuielile	750	1 020	1 100	1 150	1 250	1 240	1 220	1 220	1 210	1 200	1 210	1 220
10^6 lei	0,926	0,86	0,79	0,74	0,68	0,63	0,58	0,54	0,5	0,46	0,43	0,4
C_{act}= =8451	700	860	870	850	850	780	710	660	607	554	520	490

Varianta II

Tabelul 12, g

Anii	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Cheltuieli	700	1050	1100	1116	1116	1125	1130	1120	1100	1100	1080	1070
10^6 lei												
C_{act}= =7824	646	900	870	825	760	710	657	605	550	506	465	430

Varianta III

Tabelul 12, h

Anii	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Cheltuieli	600	830	650	1 050	1 072	1 080	1 070	1 050	1 040	1 030	1 020	1 000
10^6 lei												
C_{act}= =6993	555	710	514	776	730	682	623	570	520	475	438	400

Calculul tehnico-economic comparativ al variantelor cu ajutorul cheltuielilor totale actualizate conduce la următoarele rezultate:

$$Z_{ac} = I_{act} + C_{act} - R_{act} = \text{minim}$$

Scanned with OKEN Scanner

Valorile reziduale neactualizate și actualizate pentru $n = 12$ au forma:

$R_{n_1} = 1\,790$ mil lei; $R_{n_2} = 2\,450$ mil lei; $R_{n_3} = 2\,100$ mil lei

$$R_{n_1\,act} = 1\,790 \cdot 0{,}368 = 657 \text{ mil lei};$$

$$R_{n_2\,act} = 2\,450 \cdot 0{,}368 = 900 \text{ mil lei};$$

$$R_{n_3\,act} = 2\,100 \cdot 0{,}368 = 770 \text{ mil lei}.$$

Pentru cele trei variante studiate rezultă următoarele cheltuieli:

Tabelul 12, i

Varianta	I_{act}	C_{act}	$R_{n\ act}$	Total
I	4 129	8 451	— 1 790	10 790
II	5 354	7 924	— 2 450	10 828
III	4 201	6 993	— 2 100	9 094

Din cele prezentate rezultă următoarele concluzii:

— Varianta III este cea mai economică, la o mare diferență de variantele I și II;

— Variantele I și II sînt aproximativ echivalente din punct de vedere economic;

— Prin ambele criterii Z_{ac}; Z_c s-a obținut aceeași ierarhizare a variantelor de realizare a obiectivului energetic studiat.

Pentru a se putea urmări modul de stabilire a cheltuielilor și investițiilor cu care s-a operat în problemă vom prezenta în continuare partea din normativul PE—011/1975 elaborat de ISPE.

A. Indicatori tehnico-economici privind rețelele de termoficare, care se vor lua în calculele tehnico-economice comparative

A.1. Investițiile se stabilesc pe baza catalogului de indici tehnico-economici pentru rețele de termoficare.

Investițiile se actualizează conform prevederilor pe baza graficelor de eșalonare pe ani a investiției totale.

A.2. Cheltuielile anuale cuprind următoarele elemente actualizate:

— cheltuielile privind materialele de întreținere și cele privind reparațiile capitale;

— cheltuielile cu personalul de exploatare, întreținere și reparații.

A.2.1. Amortizările nu se vor lua în considerare în calculul cheltuielilor anuale de exploatare.

A.2.2. Cheltuielile cu întreținerea și reparațiile capitale se vor stabili considerîndu-se o cotă de 0,2% din investițiile inițiale. După 10 ani de exploatare cota considerată va fi de 0,4% anual.

Scanned with OKEN Scanner

A.2.3. Cheltuielile anuale cu personalul se vor stabili considerîndu-se un indice de 1,2 om/km de traseu la o retribuție medie anuală de 20 000 lei/an.

A.3. Costul transportului căldurii se va calcula ținînd seama de pierderile de căldură care au valori cuprinse între 2÷4% din consumul orar, respectiv 2÷4% din consumul anual.

A.4. Durata normată de execuție a rețelelor de termoficare este de 60 zile/km, pentru rețelele de diametre mai mici de 500 mm și de 120 zile/km pentru rețelele cu diametre de 500 mm și mai mari.

A.5. Valoarea materialelor recuperabile la sfîrșitul duratei de viață a rețelelor de termoficare se consideră de 10% din valoarea inițială a fondurilor fixe totale.

B. Indicatori tehnico-economici privind punctele termice, necesari calculelor tehnico-economice comparative

B.1. Investițiile specifice neactualizate.

B.1.1. Pentru puncte termice cu schemă de racordare indirectă a încălzirii și prepararea apei calde menajere în două trepte aeriene — 105 000 lei/Gcal h^{-1}.

B.1.2. Pentru puncte termice cu scheme de racordare directă cu elevator a încălzirii și prepararea apei calde menajere în două trepte aeriene — 80 000 lei/Gcal h^{-1}.

B.1.3. Pentru puncte termice cu schemă de racordare directă a încălzirii cu pompe de amestec centralizate și prepararea apei calde menajere în două trepte aeriene — 85 000 lei/Gcalh^{-1}.

B.1.4. În cazul realizării punctelor termice de la pct. 1.1—1.3 în subsolurile blocurilor, valorile investițiilor specifice vor fi reduse cu 15%.

B.1.5. Investițiile specifice neactualizate pentru transformarea centralelor termice în puncte termice sînt de:

— 15 000 lei/Gcal h^{-1} — racordarea directă;

— 40 000 lei/Gcal h^{-1} — racordarea indirectă.

B.1.6. Investițiile specifice în punctele termice industriale sînt:

— 10 000 lei/$t \cdot h^{-1}$;

— 40 000 lei/$t \cdot h^{-1}$.

B.2. Cheltuielile anuale de exploatare vor cuprinde următoarele componente:

a) cheltuielile privind materialele de întreținere și reparații;

b) cheltuielile cu personalul;

c) cheltuielile pentru energia electrică de pompare la valoarea acesteia stabilită prin prescripția PE — 011/1975.

B.2.1. Cheltuielile privind materialele de întreținere și reparații reprezintă o cotă de 1% din investițiile inițiale pentru punctele termice cu racordare indirectă și de 0,5% pentru punctele termice cu racordare directă.

B.2.2. Cheltuielile cu personalul se vor stabili considerîndu-se un indice de 0,26 om/punct termic la o retribuție medie anuală de 24 000 lei.

Scanned with OKEN Scanner

B.2.3. Cheltuielile anuale cu energia de pompare se vor stabili considerîndu-se următoarele puteri specifice instalate, respectiv cantități de energie electrică consumate:

Tabelul 12, j

Tipul punctului termic	Puterea specifică instalată în funcțiune kW/Gcalh^{-1}	Energia electrică consumată kWh/Gcal
Schema de racordare indirectă a încălzirii	6,4	8,25
Schema de racordare directă a încălzirii cu elevator	1,4	1,60
Schema de racordare directă a încălzirii cu pompe de amestec	3,0	4,25

Prețul energiei electrice considerat în calcule este de 0,30 lei/kWh.

B.3. Costul distribuției căldurii prin puncte termice se va stabili pe baza elementelor prezentate mai sus.

B.4. Duratele de execuție ale punctelor termice vor fi de:

— 5 luni pentru puncte termice cu racordare indirectă a încălzirii;

— 3 luni pentru puncte termice cu racordare directă a încălzirii.

În calculele de actualizare se vor considera duratele de execuție calculate pînă în momentul dării în funcțiune efectivă a instalațiilor, adică pînă în momentul în care acestea produc venit net.

B.5. Valoarea materialelor recuperabile la sfîrșitul duratei de viață a punctelor termice — 10% din valoarea investiției inițiale, în cazul în care momentul dezafectării este considerat după cel puțin 20 de ani din momentul punerii în funcțiune.

C. Indicatori tehnico-economici pentru centrale termice (apa fierbinte) care se vor lua în calculele tehnico-economice comparative

C-1. Indicatorii tehnico-economici ce se vor lua în calculele comparative pentru tipurile de cazane de apă fierbinte de fabricație curentă sînt următorii:

Tabelul 12, l

Tipul cazanului	Combustibil	Debit Gcal/h	Presiune kgf/cm^2	Temp. °C	Randament calculat %	Consum specific kgcc/Gcal	Corecție expl. K	Consum specific total kgcc/Gcal	Obs.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T. CAF-4	lignit	100	10—20	150/70	82	174	1,055	180	moară
	păcură	100	10—20	150/70	89	162	1,065	171	
	gaze naturale	100	10—20	150/70	92	156	1,025	161	

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 12, l (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T. CAF-5	lignit	50	10—20	150/70	81	177	1,035	184	moară
	păcură	50	10—20	150/70	88	164	1,065	174	
	gaze naturale	50	10—20	150/70	90	159	1,025	164	
T. CAF-6	lignit	25	10—20	150/70	80	178,5	1,035	185	moară
	păcură	25	10—20	150/70	88	164	1,065	174	
	gaze naturale	25	10—20	150/70	90	159	1,025	164	
T. CAF-7	lignit	10	10—20	150/70	73	192	1,035	203	grătar
	păcură	10	10—20	150/70	88	164	1,065	174	grătar
	gaze naturale	10	10—20	150/70	88	164	1,025	168	
T. CAF-8	lignit	5	17	95/150	73	193	1,035	203	grătar
	lichid ușor	5	16	95/150	88	164	1,065	174	
	gaze naturale	5	16	95/150	90	159	1,025	164	
T. CAF-9	lignit	3	16	95/150	73	192	1,035	203	grătar
	lichid ușor	3	16	95/150	90	162	1,065	172	
	gaze naturale	3	16	95/150	92	156	1,025	161	
T. CAF-10	lignit	1,0	8	95	70	204	1,035	211	grătar
	lichid ușor	1,0	8	95	85	169	1,065	180	
	gaze naturale	1,0	8	95	86	166	1,025	170	

Prețurile combustibililor vor fi luate conform normativelor și legilor în vigoare, și anume:

lignit	422 lei/tcc	1550 kcal/kg fără transport
păcură	385 lei/tcc	9500 "
lichid ușor	785 lei/tcc	10500 "
gaze nat.	218 lei/tcc	8050 "

C-2. Investiția specifică.

— în mii lei/Gcal · h^{-1}

Tabelul 12, m

Combustibil	Capacitatea centralei în Gcal/h						
	4×1	4×3	5×10	6×5	2×25	2×50	2×100
0	1	2	3	4	5	6	7
Lignit	2 000	1 310	1 210	1 125	1 070	1 000	900
Păcură	610	550	500	470	430	340	270
Lichid ușor	550	500	460	450	390	310	240
Gaze naturale	500	460	415	390	360	280	210

NOTĂ:

În valorile prezentate sînt incluse și investițiile aferente racordurilor, cota din lucrările edilitare cu caracter urban (rețele apă, canal, gaze, energie electrică, transport combustibil lichid), nefiind cuprinse investițiile în rețelele termice și punctele termice.

Scanned with OKEN Scanner

C-3. Cheltuielile anuale vor cuprinde următoarele elemente:

1. Cheltuieli de combustibil;
2. Cheltuieli cu personalul;
3. Cheltuieli cu reparațiile capitale;
4. Cheltuieli diverse;
5. Cheltuieli cu energia electrică;
6. Cheltuieli cu apa de adaos;
7. Cheltuieli cu tehnica nouă;
8. Taxe asupra terenurilor.

C-4. Cheltuielile cu personalul se vor stabili pe baza următoarelor cifre de personal pe tipuri de centrale:

— Total personal centrală termică

Tabelul 12, n

Combustibil	Capacitatea centralei în Gcal/h						
	4×1	4×3	6×5	5×10	2×25	2×50	2×100
Lignit	16	16	18	18	18	22	26
Păcură	4	4	5	5	8	10	10
Lichid ușor	4	4	5	5	7	9	9
Gaze naturale	4	4	5	5	7	9	9

Retribuția medie anuală se va lua în calcul cu 26 000 lei/om.

C-5. Cota de amortizare pentru calculul costurilor se va calcula cu un procent de 3,34% din investițiile totale.

C-6. Alte cheltuieli (diverse) vor fi calculate cu un procent de 1,7—1,3% din valoarea investițiilor totale.

C-7. Cheltuielile cu apa de adaos se vor calcula considerînd 0,95 m.c./Gcal la prețul de 8 lei/m^3.

C-8. Taxele asupra terenurilor se vor calcula ca un procent de 0,5% din valoarea cheltuielilor anuale.

C-9. Cheltuielile cu energia electrică se vor calcula, considerîndu-se următoarele puteri specifice în funcțiune, respectiv următoarele consumuri specifice de energie electrică:

C-10. *Puteri specifice în funcțiune*:

— în $kW/Gcal/h^{-1}$

Combustibil	Capacitatea centralei (Gcal/h)						
	4×1	4×3	6×5	5×10	2×25	2×50	2×100
Lignit	25	13	12	11	10	10	9
Păcură	8	8	7	7	6	6	5
Lichid ușor	7	7	6	6	6	5	5
Gaze naturale	6	6	6	6	5	5	5

NOTĂ: La valorile de mai sus se va adăuga 19 $kW/Gcal \cdot h^{-1}$ pentru pompe de termoficare

Scanned with OKEN Scanner

C.11 — *Consumuri specifice de energie electrică*
— în kW/Gcal —

Combustibil	Capacitatea centralei în Gcal/h						
	4×1	4×3	6×5	5×10	2×25	2×50	2×100
Lignit	30	15	15	12	14	12	11
Păcură	12	12	11	11	10	10	9
Lichid ușor	11	11	10	10	9	9	8
Gaze naturale	11	11	10	10	9	9	8

NOTĂ: La valorile de mai sus, se va adăuga 22 kWh/Gcal pentru pompe termoficare rețea

Energia electrică va fi considerată la prețul de 0,30 lei/kWh.

C — 12. Duratele de execuție pentru centralele termice vor fi considerate de pînă la 1 an pentru cele pe hidrocarburi și pe lignit pînă la 4 × 3 Gcal/h și de 1,5—2 ani pentru C.T. pe lignit mai mari de 12 Gcal/h.

Duratele de execuție care se vor lua în calculele de actualizare prin eșalonarea pe ani a investițiilor, vor ține însă seama, cînd este posibil, de momentul real al punerii în funcțiune al acestora.

C — 13. Valoarea reziduală a centralelor termice va fi considerată în calcule conform prevederilor normativului funcție de momentul, considerat prin proiect, al dezafectării acestora și eventual al înlocuirii lor prin centrale de termoficare.

Problema 17

Se consideră un șantier de montare a centralelor termoelectrice în flux folosindu-se macarale de mare putere la preasamblarea pe banda de montaj și transportarea elementelor bloc a două cazane de tipul P.K.—47, care dispun de 1046 de blocuri. Montajul complet al tuturor blocurilor se realizează în timp de 200 zile.

Modul de deservire a bandei de montaj, durata deplasării blocurilor spre locul de asamblare și pregătirea integrală a operațiilor în flux constituie fenomene aleatoare.

Blocurile montate pe bandă sînt unități care așteaptă să fie servite, macaralele sînt stațiile care servesc, iar cazanele propriu-zise sînt consumatorii, care preiau blocurile preasamblate.

Cheltuielile de regie pentru funcționarea macaralei sînt de 5 720 lei/oră, iar costul de producție (transport) al unei macarale de 50 tf este de 331 lei/h. Se consideră că macaralele funcționează un singur schimb și deservesc blocuri (în număr de 8), iar cheltuielile de regie sînt proporționale cu durata de execuție.

Se cere:

1. Scrierea modelelor matematice pentru cheltuielile cu așteptarea și deservirea benzii de montaj cînd se utilizează una sau două macarale;
2. Determinarea valorii cheltuielilor cu așteptarea pentru cazul considerat.
3. Comentarea rezultatelor.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare:

1. $Z_{t_1} = C_{t_1} + p_n\ I_{t_1}$; $Z_{t_2} = C_{t_2} + p_n\ I_{t_2}$

$C_{t_1} = c_1 t_{p_1} + c_2 t_{r_1}$; $C_{t_2} = c_1 t_{p_2} + c_2 t_{r_2}$;

în care:

$$c_1 = 0{,}25 \cdot 5\,720 = 1\,430 \text{ lei/oră}; \quad c_2 = 331 \text{ lei/oră}$$

t_{p_1}, t_{p_2} = timpii de așteptare a blocurilor pe banda de montaj în cazul folosirii unei macarale ($s = 1$) sau a două macarale ($s = 2$); t_{r_1}, t_{r_2} = numărul de ore de inactivitate al macaralelor ($s = 1$) și respectiv ($s = 2$).

$$t_{p_1} = t_{f_1} \cdot \frac{\lambda}{\mu} = \frac{v}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\varphi^2}{1-\varphi} \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{(\lambda/\mu)^2}{\mu\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)} = \frac{\lambda^2}{\mu^2(\mu-\lambda)} = 9{,}6 \text{ (h/zi)};$$

$$t_{p_2} = t_{f_2}\frac{\lambda}{\mu}; \quad \lambda = \frac{n_b}{n_z} = \frac{\text{numărul de blocuri}}{\text{numărul de zile}}; \quad \mu = \frac{r_{bd}}{n_{sch}^{ore}};$$

$$\lambda = \frac{1\,046}{200} = 5{,}23 \text{ (sosiri pe zi), respectiv sosiri pe schimb};$$

$$\mu = \frac{n_b}{n_{sch}} = \frac{8}{8} = 1 \text{ numărul servirilor pe oră};$$

t_{f_1}; t_{f_2} = timpul mediu de așteptare a unităților ce trebuie servite.

$$t_{p_2} = \frac{\varphi^{S+1}}{s.s!\left(1-\frac{\varphi}{s}\right)\left[1+\varphi+\ldots+\frac{\varphi^s}{s!\left(1-\frac{\varphi}{s}\right)}\right]} = \frac{0{,}65^{2+1}}{2.2!\left(1-\frac{0{,}65}{2}\right)\left[1+0{,}65+\frac{0{,}65^2}{2!\left(1-\frac{0{,}65}{2}\right)}\right]} =$$

$= 0{,}57$ ore/zi

$t_{r_1} = h_{sch}(n_{sch} - \varphi_1) = 8(1 - 0{,}65) = 2{,}77$ (h/schimb);

$t_{r_2} = h_{sch}(n_{sch} - \varphi_2) = 8(2 - 0{,}65) = 10{,}77$ (h/schimb);

în care:

h_{sch} = numărul de ore pe schimb;

n_{sch} = numărul de schimburi;

φ_1 = factorul de servire.

$$C_{t_1} = K_p C_{reg} \cdot \frac{\varphi}{1-\varphi} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\lambda}{\mu} + C_2 \times h_{sch}(n_{sch} - \varphi) =$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 5\,720 \cdot \frac{0{,}65}{1-0{,}65} \cdot \frac{5{,}23}{1} + 331 \cdot 8(1 - 0{,}65);$$

$C_{t_1} = 14930$ lei/zi,

Scanned with OKEN Scanner

$$C_{t_2} = K_p \cdot C_{reg} \cdot \frac{\varphi^{s+1}}{s.s!\left(1-\frac{\varphi}{s}\right)} \cdot \frac{1}{\left[1+\varphi+\frac{\varphi^2}{s!}+\cdots+\frac{\varphi^s}{s!\left(1-\frac{\varphi}{s}\right)}\right]} +$$

$$+ C_2 \cdot h_{sch} \cdot (n_{sch} - \varphi) = \frac{1}{4} \cdot 5720 \cdot \frac{0{,}65^3}{2 \cdot 2!\left(1-\frac{0{,}65}{2}\right)} \cdot \frac{1}{\left[1+0{,}65+\frac{0{,}65^2}{2!}+\frac{0{,}65^2}{2!\left(1-\frac{0{,}65}{2}\right)}\right]} +$$

$$+ 331 \cdot 8(2 - 0{,}65) = 5\,000 \text{ lei/zi};$$

2. $Z_1 = C_{t_1}^{an} + C_{s_1}^{an} + C_{SF_1}^{an} + C_{p_1}^{an} + C_{A_1}^{an} + C_{g_1}^{an} + C_{c_1}^{an} + C_{D_1}^{an} + p_n \, I_{t_1}^r$ lei/an;

$Z_2 = C_{t_2}^{an} + C_{s_2}^{an} + C_{SF_2}^{an} + C_{p_2}^{an} + C_{A_2}^{an} + C_{g_2}^{an} + C_{c_2}^{an} + C_{D_2}^{an} + p_n \, I_{t_2}^r$ lei/an.

3. Dacă $Z_1 > Z_2$ se acceptă soluția cu două macarale de montaj.

Dacă $Z_1 < Z_2$ se acceptă soluția cu o singură macara de montaj; dacă $Z_1 = Z_2$ atunci se compară pe lîngă indicatorii valorici și indicatorii naturali și se acceptă varianta la care apar indicatori naturali mai buni.

$C_{t_1}^{an}$ = cheltuielile anuale de așteptare.

C_{s_1} = cheltuielile cu stocarea materialelor. Ele sînt mai mari în varianta (1) față de (2) întrucît materialele așteaptă mai mult.

C_{SF_1} = cheltuielile cu siguranța în funcționare pot fi mult mai mari cînd se folosește o singură macara la intervenția unei avarii decît în cazul folosirii a două macarale.

C_{p_1} = cheltuielile cu personalul; C_{c_1} = cheltuielile cu energia folosită la punerea în funcțiune a macaralei; C_{D_1} = cheltuielile diverse (întreținere și reparații, cheltuielile generale); I_{t_1} = investițiile în cazul folosirii unei singure macarale ($I_{t_2} > I_{t_1}$).

Din analiza structurii relațiilor Z_1 și Z_2 rezultă că $Z_2 < Z_1$ și deci se acceptă varianta de montaj a cazanelor folosind două macarale.

Problema 18

Pentru aplicarea metodelor coeficientului de simultaneitate și cercetare operațională la calculul suprafețelor de depozitare a unui șantier se presupun cunoscute următoarele:

— se preconizează depozitarea a două grupuri de 200 MW fiecare cu o greutate de 8 950 tone;

— depozitul trebuie să aibă un potențial de acoperire de cel puțin 92% ceea ce corespunde unui coeficient de risc de $k_r = 1{,}4$;

— perioada de livrare a celor două agregate este de 88 săptămîni;

— intervalul de timp între începerea livrărilor și începerea consumului este de 10 săptămîni pentru care $K_s = 0{,}46$;

— suprafața specifică de depozitare conform normativelor este $s_{sp} = 0{,}3$ t/m²;

Scanned with OKEN Scanner

— cheltuielile de lansare (întocmirea și expedierea comenzii, recepționarea mărfurilor, transportul intern, contabilizarea și emiterea bonurilor) se cifrează la 8 850 lei;

— cheltuielile totale de stocare pe toată perioada șantierului (88 săptămîni) pentru 8 950 tone utilaj se cifrează la 1 927 000 lei;

— cheltuielile specifice de rupere a stocurilor reprezintă 15% din cheltuielile ocazionate în timpul unei săptămîni și se cifrează la 3 000 lei/tonă.

— Din calcul se obține valoarea $\sum_{1}^{n} (\overline{B}_i - B_i)^2 = 162\,700$.

Să se calculeze:

1. Suprafața necesară depozitării grupurilor de 200 MW în șantierul de montaj al centralei termoelectrice utilizînd metoda coeficientului de simultaneitate.
2. Lotul optim de aprovizionat pe baza teoriei stocurilor cu care operează cercetarea operațională.
3. Capacitatea (X) a depozitului disponibilă săptămînal în cadrul șantierului de montaj.

Rezolvare

1. *Metoda coeficientului de simultaneitate*

$$s_d = \frac{Q \cdot K_s}{s_{sp}} = \frac{8950 \cdot 0{,}46}{0{,}3} = 13\,700 \text{ m}^2;$$

$$K_s = \left(1 - \frac{44 - 10}{65{,}5}\right)\left(1 - \frac{n-1}{2} \cdot \frac{12}{65{,}5}\right) = \left(1 - \frac{t_l - t_i}{t_m}\right) \cdot \left(1 - \frac{n-1}{2} \cdot \frac{t_{sc}}{t_m}\right) = 46\,\%.$$

$n = 2$ agregate; t_l = timpul de livrare pentru un agregat = 44 săptămîni; t_i = 10 săptămîni este intervalul de timp dintre începerea livrării și începerea consumului; t_{sc} = timpul între sfîrșitul consumului furniturii unui agregat și celălalt grup; t_m = timpul mediu de consum al furniturii unui agregat (65,5 săptămîni) $\left(t_m = \frac{76 + 55}{2} = 65{,}5\right)$.

2. *Metoda cercetării operaționale bazată pe teoria stocurilor*

$$q_0 = \sqrt{\frac{2\,\overline{B}_i \cdot C_l}{c_{ss}}} \cdot \sqrt{\frac{c_{ss} + C_p}{C_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 8850}{2{,}45}} \cdot \sqrt{\frac{2{,}45 + 5}{5}} = 850 \cdot 1{,}23 = 1050 \text{ tone};$$

$$\overline{B}_i = \frac{1}{T} \sum_{1}^{88} B_i = \frac{8950}{88} = 100 \text{ tone};$$

$$c_{ss} = \frac{C_s}{88 \cdot 8950} = \frac{1\,927\,000}{788\,000} = 2{,}45 \text{ lei/săptămînă} \cdot \text{tonă};$$

$$C_p = \frac{\overline{B}_i \cdot 3000 \text{ lei/tonă} \cdot 0{,}15}{8950} = 5 \text{ lei/tonă} \cdot \text{săptămînă}.$$

Scanned with OKEN Scanner

3. *Suprafața depozitului din cadrul șantierului*

$$S_d = \frac{Q}{s_{sp}} = \frac{q_0 + X}{s_{sp}} = \frac{(1050 + 161)\ \text{t}}{0{,}3\ \text{t/m}^2} = 4\,050\ \text{m}^2;$$

$$X = \overline{B}_i + K_r \cdot \sigma = 100 + 1{,}4 \cdot \sqrt{\frac{\sum_1^{88} (\overline{B}_i - B_i)^2}{88}} = 100 + 1{,}4 \cdot \sqrt{\frac{162\,700}{88}};$$

$$X = 100 + 1{,}4 \cdot 43 = 100 + 61 = 161\ \text{tone/săptămînă}.$$

Se constată că dimensionarea depozitelor de echipamente pe baza cercetării operaționale conduce la suprafețe mult mai reduse față de metodele coeficienților de simultaneitate. Se recomandă aplicarea în practică a metodelor cu care operează cercetarea operațională întrucît se scot din circuitul agricol suprafețe mai mici pentru organizarea depozitelor din cadrul șantierului de montaj al centralelor termoelectrice.

Problema 19

În vederea calculării productivității de exploatare a macaralelor din cadrul unui șantier de montaj a centralelor electrice se presupun cunoscute următoarele:

— Macaraua utilizată este de tipul BK—100 cu o capacitate portantă maximă de $Q = 50$ tf.

— Cele două cazane supuse montajului au debitul de 660 t/h și au o greutate de $2 \cdot 6\,000$ t din care 1 800 blocuri cîntăresc 10 500 tone, iar restul reprezintă greutatea accesoriilor.

— Durata ciclului $T_c = 50{,}5$ minute, iar coeficienții intensivi și extensivi de exploatare a macaralelor au valorile:

$$K_{ints.} = 0{,}12; \quad K_{ext.} = 0{,}34$$

— Curbele frecvențelor cumulate pentru cantitatea de montat P(tone/săptămînă) și pentru numărul orelor de funcționare H(ore/săptămînă) cît și numerele întîmplătoare în vederea folosirii metodei Monte-Carlo, se pot urmări pe figurile 3 *a*, *b*.

— Valorile frecvențelor teoretice relative (f_{tr}) și frecvențele absolute (f_{ra}) se dau astfel:

$$f_{tr_1} = 0{,}196;\ f_{tr_2} = 0{,}379;\ f_{tr_3} = 0{,}304;\ f_{tr_4} = 0{,}100;\ f_{tr_5} = 0{,}021;$$

$$f_{ra_1} = 2;\ f_{ra_2} = 8;\ f_{ra_3} = 4;\ f_{ra_4} = 0;\ f_{ra_5} = 1.$$

Se fac 15 observări pe fenomenul real de montaj.

Scanned with OKEN Scanner

Se cere:

1. Productivitatea de exploatare a macaralei* prin metode analitice fără simularea fenomenului real.
2. Aplicarea metodei Monte-Carlo la determinarea productivității macaralei de montaj a centralelor termoelectrice.
3. Discutarea și interpretarea rezultatelor de calcul.

Rezolvare

Curbele frecvențelor cumulate pentru (P) și (H) arată astfel:

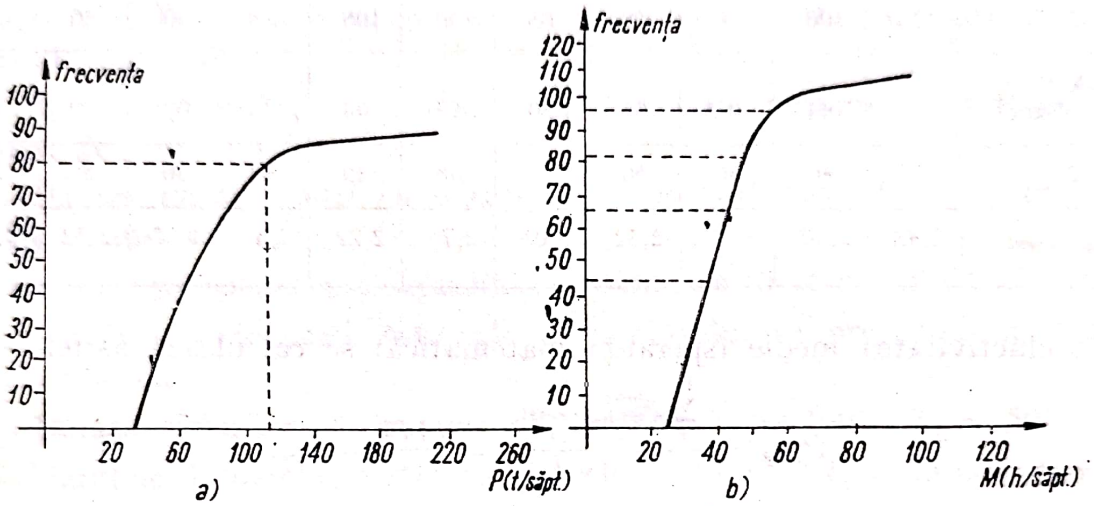


Fig. 3

Numerele întîmplătoare pentru calculul lui P(t/săptămînă).

$n_1 = 80$; $n_2 = 40$; $n_3 = 0{,}1$; $n_4 = 63$; $n_5 = 26$; $n_6 = 91$; $n_7 = 57$; $n_8 = 26$; $n_9 = 97$; $n_{10} = 21$; $n_{11} = 46$; $n_{12} = 25$; $n_{13} = 0{,}5$; $n_{14} = 88$; $n_{15} = 73$.

Numerele întîmplătoare pentru calculul lui H(h/săpt.) sînt:

$n_1 = 84$; $n_2 = 44$; $n_3 = 0{,}5$; $n_4 = 66$; $n_5 = 30$; $n_6 = 94$; $n_7 = 61$; $n_8 = 29$; $n_9 = 50$; $n_{10} = 73$; $n_{11} = 49$; $n_{12} = 27$; $n_{13} = 0{,}7$; $n_{14} = 90$; $n_{15} = 74$.

1. *Metoda analitică pentru calculul productivității macaralei*

$$P_{exp}^{mac} = \frac{480}{T_c} \cdot Q \cdot K_1 \cdot K_2 = \frac{480}{50{,}5} \cdot 50 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}34 = 19 \text{ tone/sch.}$$

$$P_{exp}^{mac} = 19/8 = 2{,}37 \text{ tone/oră.}$$

2. *Metoda Monte-Carlo aplicată la calculul productivității macaralei.*

Productivitatea macaralei se calculează și prin aplicarea metodei Monte-Carlo cu o relație de forma:

$$P_{exp}^{max} = \frac{P}{H} = \frac{\text{cantitatea montată pe săptămînă}}{\text{numărul de ore de funcționare a macaralei}}$$

* Conceptul de productivitate a macaralei trebuie înțeles în sensul indicelui intensiv de folosire a utilajului.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru calcularea producției (P) și a lui H se citesc valorile lui (P) pe curba frecvențelor cumulate (fig. 3, *a*) iar pentru (H) pe curba (fig. 3, *b*) în funcție de numerele întîmplătoare date.

Tabelul 13

Nr. crt.	1	2	3	4	5	6	7	8 ... 13		14	15
Numărul întîmplător	80	40	0,1	63	26	91	57	26	0,5	88	73
P	136	100	50	116	88	156	108	88	50	146	124
Numărul întîmplător	84	44	0,5	66	30	94	61	29	0,7	90	74
H	55	46	30	50	43	68	49	42	30	58	51
$P^{max}_{exp.\ curent}$	2,48	2,17	1,67	2,32	2,06	2,7	2,22	2,1	1,37	2,52	2,42

Productivitatea medie (speranța matematică) se calculează astfel:

$$P_{med} = \frac{\sum_{1}^{15} P^{max}_{(exp.\ curent)_k}}{15} = \frac{34,51}{15} = 2,3.$$

3. Pentru a verifica dacă variabila aleatoare a productivității curente și medii a macaralei se încadrează în distribuția normală se calculează frecvența teoretică absolută și se aplică testul χ^2.

Calculul frecvențelor teoretice absolute (f_{ta}) se face astfel:

$$f_{ta_1} = f_{tr_1} \cdot n_{\text{observații}} = 0,196 \cdot 15 = 2,79$$

$$f_{ta_2} = 0,379 \cdot 15 = 5,7;\ f_{ta_3} = 0,304 \cdot 15 = 4,56;$$

$$f_{ta_4} = 0,1 \cdot 15 = 1,5;\ f_{ta_5} = 0,021 \cdot 153 = 3,19.$$

Testul X^2 scris cu ajutorul frecvențelor teoretice absolute și relative are forma:

$$\chi^2_{tr} = \frac{(f_{ta} - f_{tr})^2}{f_{ta}};\quad \chi^2_{ta} = \frac{(f_{ta} - f_{ra})^2}{f_{ta}}.$$

Se constată că valoarea medie a textului (χ^2_{tr}) calculat cu frecvențele teoretice absolute (f_{ta}) și frecvențele teoretice relative (f_{tr}) este mai mică decît a testului (χ^2_{ta}) calculat cu frecvențele teoretice absolute (f_{ta}) și frecvențele reale absolute (f_{ra}).

$$\chi^2_{tr} = 4,33 < \chi^2_{ta} = 5,99.$$

Deci legea de distribuție a fenomenului studiat se poate încadra în legea normală pentru care rezultă:

$P^{mac}_{med} = 2,3$ t/h; $\sigma = 0,39$ abaterea medie pătratică. Productivitatea în tone pe schimb, considerînd că se lucrează 8 ore, are valoarea:

$P^{schimb}_{max} = 2,3$ t/h $\cdot$ 8 $=$ 18,4 tone/schimb.

Scanned with OKEN Scanner

Se constată că s-a obținut o valoare mai mică decît în primul caz. Totodată s-au analizat mai în detaliu problemele de montaj a centralelor termoelectrice cu ajutorul macaralelor de mare capacitate, scoțîndu-se în evidență rezervele pentru utilizarea cît mai rațională a utilajelor.

Problema 20

La extinderea unei centrale termoelectrice se prevede montarea unor electrofiltre pentru epurarea gazelor de ardere care se plasează în exteriorul sălii cazanelor de abur pe traseul spre coșul de fum al centralei.

Cele două tipuri de electrofiltre au o greutate totală de 550 tone și se pot monta utilizînd fie o macara de tip semicapră, fie folosind următoarele tipuri de macarale:

— Macara cu un braț de montaj cu o capacitate portantă de 5 tf pentru înălțimi de 20 metri;

— Macara de tip gama cu o capacitate portantă de 15 tf pentru înălțimi de 15 metri;

— Macara pe pneuri cu o capacitate portantă de 10 tf înaltă de 25 metri.

În vederea organizării raționale a montajului se presupun cunoscute următoarele date:

— Durata ciclurilor de montaj: $T_{c_1} = 90'$; $T_{c_2} = 109'$; $T_{c_3} = 50'$;

— Duratele de montaj ale macaralelor $t_1 = 20$ zile; $t_2 = 50$ zile; $t_3 = 10$ zile;

— Coeficienții de folosire integrală a macaralelor $K_{intg} = 0{,}06$;

— Valoarea chiriei utilajului $C_{r_1} = 30$ (lei/h); $C_{r_2} = 154$ (lei/h); $C_{r_3} = 116$ (lei/h);

— Numărul de oameni pentru montaj $N_1 = 24 = N_2$; $N_3 = 28$ și numărul de oameni-zile pentru montarea, exploatarea și demontarea macaralelor $T_1 = 700$ (om-zile); $T_2 = 1\,138$ (om-zile); $T_3 = 197$ (om-zile);

— Coeficienții de corecție în funcție de modalitatea adoptată pentru montaj $K_1 = K_2 = K_3 = 1{,}15$ și coeficientul de îndeplinire a normelor $K_{în} = 1{,}2$;

— Manopera $C_{m_1} = C_{m_2} = C_{m_3} = 40 \frac{\text{lei}}{\text{om - zi}}$;

— Cheltuielile de regie (C_{reg}) 15% din cheltuielile directe (C_d).

Se cere:

1. Calcularea capacității de exploatare, normele de muncă, duratele de montaj și costul în (lei/tonă) pentru montajul filtrelor;
2. Economiile realizate prin scurtarea duratei de montaj;
3. Stabilirea variantei optime de montaj a filtrelor în cadrul centralelor termoelectrice.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

1. Capacităţile de exploatare ale macaralelor în cele trei variante:

$$P_{exp_1} = \frac{480}{90} \cdot 5 \cdot 0{,}06 = 1{,}6 \text{ (t/schimb)} = 0{,}2 \text{ [t/oră]};$$

$$P_{exp_2} = \frac{480}{109} \cdot 15 \cdot 0{,}06 = 4 \text{ (t/schimb)} = 0{,}5 \text{ [t/oră]};$$

$$P_{exp_3} = \frac{480}{50} \cdot 10 \cdot 0{,}06 = 5{,}6 \text{ (t/schimb)} = 0{,}7 \text{ [t/oră]}.$$

Normele specifice pe tona de montaj.

$$N_{m_1} = \frac{(Q_1/P_{ex_1})\, N_1 + T_1}{Q_1} = \frac{(550/1{,}6) \cdot 24 + 700}{550} = 16{,}2 \text{ [om} \cdot \text{zile/tonă]:}$$

$$N_{m_2} = \frac{(Q_2/P_{ex_2})\, N_2 + T_2}{Q_2} = \frac{(550/4) \cdot 24 + 1138}{550} = 8{,}2 \text{ [om} \cdot \text{zile/tonă]};$$

$$N_{m_3} = \frac{(Q_3/P_{ex_3})\, N_3 + T_3}{Q_3} = \frac{(550/5{,}6) \cdot 28 + 197}{550} = 5{,}4 \text{ [om} \cdot \text{zile/tonă]}.$$

Duratele de montaj ale filtrelor în cele trei variante:

$$d_{m_1} = \frac{Q_1}{K_{in} \cdot P_{ex_1}} + t_1' = \frac{550}{1{,}2 \cdot 1{,}6} + 20 = 305 \text{ zile};$$

$$d_{m_2} = \frac{550}{1{,}2 \cdot 4} + 50 = 165 \text{ zile}; \quad d_{m_3} = 97 \text{ zile}.$$

Costul montajului = costul mecanizării plus manopera de montaj.

$$C_{m_1} = C_{mm_1} + C_{mp_1} = \frac{C_{sp_1}}{P_{ex_1}} + K_1 N_{m_1} C_{m_1} = \frac{30}{0{,}2} + 1{,}15 \cdot 16{,}2 \cdot 40 =$$

$$= 900 \text{ lei/tonă}.$$

$$C_{m_2} = \frac{154}{0{,}5} + 1{,}15 \cdot 8{,}2 \cdot 40 = 703 \text{ (lei/tonă)};$$

$$C_{m_3} = \frac{116}{0{,}7} + 1{,}15 \cdot 5{,}4 \cdot 40 = 418 \text{ (lei/tonă)}.$$

2. Economiile realizate în variantele II şi III faţă de I se calculează astfel:

$$E_r^{II-I} = \frac{0{,}6 \Delta t_{II-I} \cdot C_{reg} \cdot C_{direct}}{100 \cdot 100} = 0{,}6 \cdot C_{dir} \cdot \frac{\Delta t_{II-I}}{100} \cdot \frac{C_{reg}}{100} =$$

$$= 0{,}6 \cdot \frac{47}{100} \cdot \frac{15}{100} \cdot C_{direct} = 4{,}25\%\, C_{direct};$$

$$\Delta E_{II-I} = \frac{305 - 165}{305} \cdot 100 = 47\%; \quad \Delta t_{III-I} = \frac{305 - 87}{305} \cdot 100 = 72\%;$$

$$E_r^{III-I} = \frac{0{,}6 \cdot C_{reg} \cdot C_{directe} \cdot \Delta t_{III-I}}{100 \cdot 100} = 0{,}6 \cdot \frac{15}{100} \cdot \frac{72}{100} \cdot C_{direct} = 6{,}25\%\, C_{direct}.$$

Scanned with OKEN Scanner

3. Întrucît durata ciclului de montaj $d_{m_3} = 97$ zile $< d_{m_2} = 165$ zile $< d_{m_1} = 305$ zile, iar costul montajului $C_{m_3} = 418$ lei/tonă $< C_{m_2} = 700$ lei/tonă $< C_{m_1} = 900$ lei/tonă, rezultă că varianta a treia este cea mai economică și se recomandă pentru montarea filtrelor în cadrul centralelor termoelectrice.

Problema 21

Pentru realizarea montajului în flux a centralelor electrice se presupun cunoscute următoarele date:

— Numărul servirilor (μ) și sosirilor (λ); $\mu = 4$ blocuri/zi; $\lambda = 3$ blocuri/zi. Servirile ascultă de o lege exponențială, iar sosirile se încadrează în legea Poisson.

— Montajul centralei electrice se poate realiza în două variante lucrîndu-se cu una ($s = 1$) sau două macarale ($s = 2$) de mare capacitate (50 tf).

— Se consideră că 20% din cheltuielile totale de regie ($C_r = 40\,300$ lei/zi), sînt proporționale cu durata de execuție ceea ce permite calcularea costului (C_1) la consumator.

— Costul de așteptare al macaralei pe schimb este $C_2 = 2\,648$ lei.

— Centrala electrică în montaj are o putere de 1 600 MW în 8 grupuri de 200 MW, ceea ce totalizează circa 7 200 blocuri de montaj pe an.

Să se calculeze:

1. Mărimile care definesc fenomenul de așteptare din cadrul sistemului de montaj în flux continuu.
2. Cheltuielile cu așteptarea blocurilor și cele cu inactivitatea macaralelor de montaj.
3. Discutarea și interpretarea rezultatelor.

Rezolvare

1. *Mărimile care definesc șirul și schema de așteptare.*

1.1. Factorul de serviciu $\varphi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{4} = 0{,}75$

1.2. Probabilitatea ca să existe zero unități în sistem;

$$p_0 = 1 - \varphi = 1 - 0{,}75 = 0{,}25 \quad (S = 1);$$

$$p_0 = \frac{1}{\frac{\varphi^2}{2!\left(1 - \frac{\varphi}{2}\right)} + 1 + 0{,}75} = 0{,}45 (S = 2).$$

1.3. Valoarea medie a inactivității macaralelor:

$$\bar{p}_1 = 1 - 0{,}75 = 0{,}25 = 1 - \varphi = p_0 \rightarrow (S = 1);$$

$$\bar{p}_2 = 2 - \varphi = (2 - 0{,}75) = 1{,}25 \rightarrow (S = 2).$$

Scanned with OKEN Scanner

1.4. Timpul mediu de așteptare are valoarea:

$$\bar{t}_{f_1} = \frac{3}{4} = 0{,}75 \text{ într-un schimb} \rightarrow 6 \text{ ore}; \quad t_{f_1} = \varphi \cdot 8 = \frac{24}{4} = 6 \text{ ore};$$

$$\bar{t}_{f_2} = \frac{\bar{v}}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\varphi^{s+1} p_0}{s.s! \left(1 - \frac{\varphi}{s}\right)^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{0{,}75^3 \cdot 0{,}45}{2.2! \left(1 - \frac{0{,}75}{2}\right)^2} =$$

$$= 0{,}025 \text{ ore/schimb} = 0{,}025 \cdot 8 = 0{,}2 \text{ ore}.$$

2. *Funcția de eficiență are forma:*

$$C_{A_1} = \lambda \bar{t}_{f_1} C_1 + \bar{\rho}_1 C_2 = 3 \cdot 0{,}75 \cdot 8\,060 + 0{,}25 \cdot 2\,648 = 19 \cdot 160 \text{ lei/schimb}$$

$$C_{A_2} = \lambda \bar{t}_{f_2} C_1 + \bar{\rho}_2 C_2 = 3 \cdot 0{,}025 \cdot 8\,060 + 1{,}25 \cdot 2\,648 = 3\,900 \text{ lei/schimb}$$

în care (C_1) și (C_2) se calculează astfel:

$C_1 = 0{,}2 \cdot 40 \cdot 300 = 8\,060$ lei/schimb; $C_2 = 331 \cdot 8 = 2\,648$ lei/schimb.

3. *Funcția de eficiență a cheltuielilor cu așteptarea* are valoarea minimă pentru cazul montajului în flux cu două macarale a centralelor electrice de mare putere. Pe această cale se stabilește soluția optimă de montaj — numărul de macarale necesare și se obțin o serie de elemente pentru studiul organizării producției pe șantierele de montaj. Astfel așteptarea blocurilor la montaj ($t_{f_1} = 0{,}75$ h/schimb) și $t_{f_2} = 0{,}2$ h/schimb are implicații asupra organizării platformei de asamblare. În prima variantă trebuie să se prevadă spațiu pentru organizarea și depozitarea blocurilor care așteaptă circa șase ore.

În varianta a doua macaralele nu sînt utilizate circa 45% din timp (deoarece probabilitatea de a exista zero unități în sistem este 0,45) și se pot folosi fie la montarea prefabricatelor, fie la atelierul de confecții metalice.

Fără a utiliza macaralele și la alte activități, decît cele pentru transportarea celor 7 200 blocuri rezultă că varianta în care se folosesc două macarale ($S = 2$) este mai economică decît varianta de montaj cu o singură macara. Aceasta rezultă din compararea cheltuielilor.

$$C_{A_2} = 3\,900 \text{ lei/schimb} < C_{A_1} = 19 \cdot 160 \text{ lei/schimb},$$

$$Z_{t_A} = C_A + p_n I_A; \quad Z_{t_{A_2}} < Z_{t_{A_1}}.$$

Soluția optimă rezultă în cazul cheltuielilor minime de așteptare și este în cazul de față varianta a doua de montaj, deoarece:

$$Z_{t_{A_2}} = C_{A_2} + 0{,}1\ I_{A_2} < Z_{t_{A_1}} = C_{A_1} + 0{,}1\ I_{A_1}.$$

Problema 22

Se preconizează organizarea unui șantier de montaj pentru instalații energetice. În acest scop se cunosc următoarele date:

a) Matricea distanțelor (M) între zona de amplasare a obiectivului (i) ce se montează și punctul de consum (k).

Scanned with OKEN Scanner

b) Matricea intensităților volumului de transport între punctele (k) și obiectivele de organizare de șantier (j).

Distanțele se măsoară în metri, iar intensitățile în tone pe unitatea de timp (tone/zi).

Matricea distanțelor (M_{d_t}) și a intensităților de transport (M_{i_t}) au următoarele valori:

$\|M_{d_t}\| =$

	1	2	3	4	5
a_1	120	96	75	345	330
b_1	90	51	165	0,25	195
c_1	60	105	159	195	210
d_1	42	96	135	219	234
e_1	105	135	30	345	354
f_1	195	216	90	420	435
g_1	174	180	66	420	420

$\|M_{i_t}\| =$

	1	2	3	4	5
a	0,25	0,15	1	210	0,07
b	0	0	5	0,6	0
c	0,1	0,05	0	0,1	0,07
d	0	0	0,1	0,2	0,2
e	0,01	0,05	0	0,1	0,2
f	0,05	0,1	0	0,2	0,3
g	0,3	0,5	0	0,3	1

Matricea distanțelor la așezarea pe obiective are forma:

$\|M_{d_o}\| =$

	1	2	3	4	5
o_1	120	75	135	320	350
o_2	78	126	315	225	198
o_3	66	114	285	246	225
o_4	120	171	225	351	530
o_5	105	135	156	345	354
o_6	165	180	99	414	405
o_7	183	180	66	420	420

Se cere:

1. Scrierea modelului matematic al amplasării optime a obiectivului de organizare.
2. Matricea volumului de transport Q pentru așezarea în flux tehnologic și pe obiective a amplasamentelor din cadrul șantierului de montaj.
3. Alegerea variantei optime de organizare a șantierului de montaj.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

1. a) $Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} Q_{ij} X_{ij} = \text{minim}$

b) $\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = 1 ; \ (j = 1 \dots n) ;$

c) $\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = 1 ; \ (i = 1 \dots m) ;$

d) $X_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{obiectivul } (j) \text{ nu este amplasat în zona } (i) \\ & (i = 1 \dots n ; \ j = 1 \dots m) \\ 1 & \text{obiectivul } (j) \text{ este amplasat în zona } (i) \end{cases}$

e) $Q_{ij} = \sum_{k=1}^{p} I_{kj} \, l_{kj} \geq 0$

$$\| Q_{ij} \| = \left\| \sum_{k=1}^{p} I_{kj} \, l_{kj} \right\| ; \quad \| M_{v_t} \| = \| M_d \| \cdot \| M_{i_t} \| .$$

M_{v_t} = matricea volumului total de transport.

Matricea volumului total de transport în varianta amplasării în flux tehnologic a obiectivelor de organizare de șantier se calculează înmulțind matricea distanțelor cu matricea transpusă a intensităților de transport și se obțin următoarele valori parțiale și totale:

		1	2	3	4	5	a	b	c	d	e	f	g
						1	0,25	0	0,1	0	0,01	0,05	0,3
						2	0,15	0	0,05	0	0,05	0,1	0,5
						3	1	5	0	0,1	0	0	0
						4	0,125	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3
						5	0,07	0	0,07	0,2	0,2	0,3	1
$\| M_{v_t} \|$	a_1	120	96	75	345	330	185,6	582	74,3	142,5	106,5	183,6	517,5
	b_1	90	52	165	210	195	234	951	46,2	97,5	63,5	110,2	311
	c_1	60	105	159	195	210	218,8	912	45,45	96,9	67,35	115,5	336,7
	d_1	42	96	135	219	234	203,5	806	47,2	104	53,9	125,7	364,8
	e_1	105	135	30	345	254	184,4	357,8	78,5	142,8	113,1	184,9	556,5
	f_1	195	216	90	420	435	253,5	702	102,7	180	141,7	245,8	667,5
	g_1	174	182	66	420	420	218,5	582	97,8	174,6	136,7	236,7	688

Scanned with OKEN Scanner

Aplicînd algoritmul lui Kuhn se obține afectarea optimă sub forma:

$$\Sigma(a * a_1) = [120 \cdot 0{,}25 + 96 \cdot 0{,}15 + 75 \cdot 1 + 345 \cdot 0{,}125 + 330 \cdot 0{,}07] = 185{,}6;$$

$$\Sigma(a * a_1) \rightarrow 185{,}6;\ \Sigma(b * e_1) = 357{,}8;\ \Sigma(c * f_1) = 102{,}7;$$

$$\Sigma(d * g_1) = 174{,}6 \text{ (tm/zi)}$$

$$\Sigma(e * d_1) \rightarrow 53{,}9;\ \Sigma(f * c_1) = 115{,}5;\ \Sigma(g * b_1) = 311;$$

$$\Sigma Q_{ij} = 130{,}6 \text{ (tm/zi)}.$$

Din însumarea volumelor parțiale rezultă volumul total de transport în varianta așezării în flux a obiectivelor de organizare de șantier.

Matricea volumelor de transport în varianta așezării pe obiective a atelierelor și utilajului de montaj se scrie astfel:

	1	2	3	4	5	a	b	c	d	e	f	g
					1	0,25	0	0,1	0	0,01	0,05	0,3
					2	0,15	0	0,05	0	0,05	0,1	0,5
					3	1	5	0	0,1	0	0	0
					4	0,125	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3
					5	0,07	0	0,07	0,2	0,2	0,3	1
0_1	120	75	135	320	350	250,75	867	72,25	147,5	136,9	182,5	519,5
0_2	78	126	315	225	198	395,3	1710	50,4	116,1	69,8	120,9	330,8
0_3	66	114	285	246	225	365	1502	52,6	122,7	75,9	131,4	375,6
0_4	120	171	225	351	530	345,62	1315,6	78,7	158,7	110,8	192	556,8
0_5	105	135	156	345	354	270,4	987	76,3	155,4	114,9	189,5	556,5
0_6	165	180	99	414	405	248,75	743,4	92,3	173,7	1333	230,5	666,7
0_7	183	180	66	420	420	220,65	582,0	98,7	174,6	136,8	237,15	690,9

Aplicînd algoritmul lui Kuhn la rezolvarea matricei rezultă următoarele valori ale volumului de transport:

$$\Sigma(0_1 * d) = 147{,}3\ ;\ \Sigma(0_2 * g) = 330{,}8;\ \Sigma(0_3 * f) = 131{,}4 \text{ (tm/zi)}$$

$$\Sigma(0_4 * e) = 110{,}8;\ \Sigma(0_5 * c) = 76{,}3;\ \Sigma(0_6 * a) = 248{,}7$$

$$\Sigma(0_7 * b) = 582{,}01 = [183 \cdot 0 + 180 \cdot 0 + 66 \cdot 5 + 420 \cdot 0{,}6] = 330 + 252 = 582{,}01$$

Adunînd sumele parțiale rezultă volumul total de transport egal cu 1400,7 tm/zi.

3. Așezarea obiectivelor șantierului în flux tehnologic permite reducerea volumului de transport cu 45,3 tm/zi, adică cu 7,6 %.

Pentru fiecare sistem de organizare de șantier în flux sau pe obiective metoda aplicată permite stabilirea amplasării optime.

Scanned with OKEN Scanner

Pe această cale se pot compara variantele de transport și se preconizează soluția optimă de organizare a șantierului sub aspectul cheltuielilor de transport minime.

Problema 23

În vederea determinării duratelor deterministe și probabiliste de executare a montajului instalațiilor energetice cu ajutorul metodei drumului critic se cunosc următoarele date:

— Momentele avansate (t_i^0) de începere și (t_j^1) de terminare întîrziată a lucrărilor de montaj.

— Duratele deterministe (d_{ij}) și cele optimiste (p_{ij}^o), pesimiste (p_{ij}^p) și probabile (p_{ij}^r) de realizare a operațiilor de montaj.

— Graful rețea de desfășurare a lucrărilor de montaj a instalațiilor energetice și termenul $T = (50 \div 60)$ u.t., la care să se monteze ultimul obiectiv pe drumul critic.

— Numărul de evenimente $(0 \div 11)$ care formează vîrfurile grafului.

Datele necesare calculării drumului critic din graful figura 4 se dau în tabelul nr. 13, a.

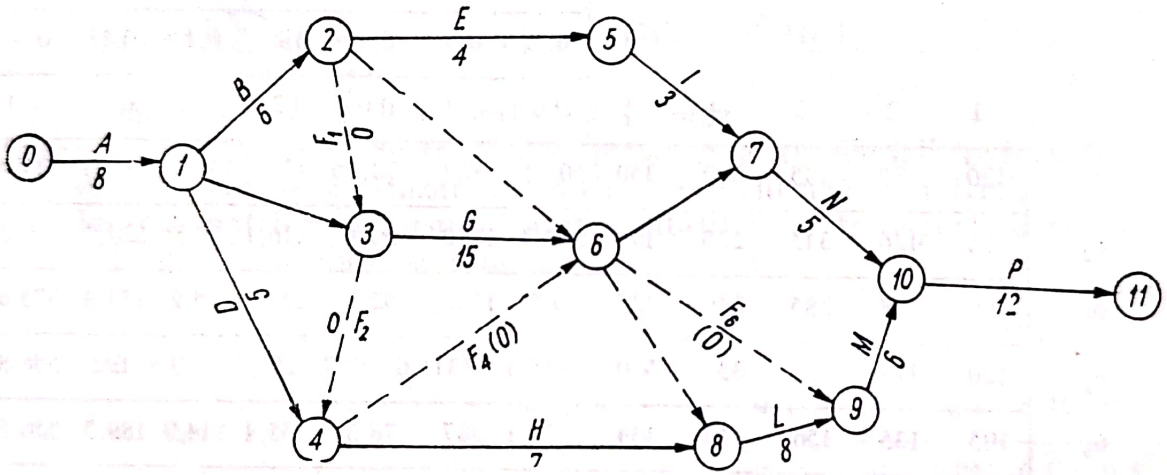


Fig. 4

Tabelul 13, a

Activitatea	d_{ij}	t_i^o	t_j^1	p_{ij}^o	p_{ij}^r	p_{ij}^p
A	8	0	8	8	8	8
B	6	8	32	—	—	—
C	7	8	15	6	6,5	10
D	5	8	25	—	—	—
E	4	14	36	—	—	—
G	15	15	30	15	15	15
H	7	13	30	—	—	—
I	3	18	39	—	—	—
J	4	30	39	—	—	—
L	8	30	38	3	8	15
M	6	38	44	6	6	6
N	5	34	44	—	—	—
P	12	44	56	10	11	18

Scanned with OKEN Scanner

Se cere:

1. Determinarea drumului critic pe graful din figura 4 cu precizarea momentelor întîrziate de începere și avansate de terminare a lucrărilor de montaj.

2. Definirea drumului hamiltonian optim în varianta Comis-Voiajorului și a poștașului chinez.

3. Precizarea condițiilor de aplicare a metodei pentru optimizarea montajului instalațiilor industriale.

Rezolvare

1. Pentru determinarea drumului critic se calculează momentele întîrziate de începere (t_i^1), momentele avansate (t_j^0) de terminare a lucrărilor de montaj și marjele de timp cu relații de forma:

1.1. $t_i^1 = t_j^1 - d_{ij} = t_i^m$, $t_j^0 = t_i^0 + d_{ij} = t_j^m$

1.2. $M_t = t_j^1 - t_m^j$; $M_l = t_j^0 - t_j^m$.

Rezultatele de calcul se pot urmări în tabelul 14.

Tabelul 14

Operația	d_{ij}	t_j^l	t_i^o	t_i^m	t_j^m	M_t	M_l	Operația critică
A	8	8	0	0	8	0	—	da
B	6	32	8	26	14	18	—	—
C	7	15	8	8	15	0	—	da
D	5	25	8	20	13	12	—	—
E	4	36	14	32	18	18	—	—
F	—	—	—	—	—	—	—	—
G	15	30	15	15	30	0	—	da
H	7	30	13	23	20	10	10	—
I	3	39	18	36	21	18	18	—
J	4	39	30	35	34	5	—	—
L	8	38	30	30	38	—	—	da
M	6	44	38	38	44	0	—	da
N	5	44	34	39	39	5	5	—
P	12	56	44	44	56	0	0	da

Drumul critic este ($A - C - G - K - L - M - P = 56$ u.t., căci unește operațiile la care marjele totale sînt egale cu zero. Marjele libere prezintă importanță la repartizarea resurselor. Cunoscînd momentele de începere și durata critică a montajului se poate planifica durata de terminare a instalației.

Dacă durata totală nu satisface termenul cerut atunci se reduce durata obținută prin modificarea activităților critice, prin schimbarea tehnologiei procesului, prin îmbunătățirea topologiei grafului rețea și prin alocarea de noi resurse materiale, energetice și forță de muncă.

Din totalitatea variantelor ce se compară se alege acea care la o scurtare a duratei de execuție reclamă un fond suplimentar minim de resurse materiale.

Scanned with OKEN Scanner

Duratele totale probabiliste pentru executarea operațiilor se determină cu metoda PERT astfel:

$$1.3.\ d_{ij} = \frac{p^0_{ij} + 4p^r_{ij} + p^p_{ij}}{6};\quad \sigma^2 = \left(\frac{p^p_{ij} - p^0_{ij}}{6}\right)^2.$$

Se determină apoi variabila redusă ($\overline{X}$) și probabilitatea de realizare a operațiilor pe drumul critic.

$$1.4.\ \overline{X} = \frac{T - d_{ij}}{\sigma_n}.$$

în care:

T — termenul planificat pentru realizarea obiectivului;

σ_n — dispersia termenului final din graf;

d_{ij} — durata totală de realizare a obiectivului.

Pe baza datelor din tabelul 14 și a relațiilor (1.3—1.4) se deduc următoarele elemente:

Tabelul 15

Activitatea	p^0_{ij}	p^r_{ij}	p^p_{ij}	d_{ij}	operații cumulate	σ^2_i	σ_n
A	8	8	8	8	8	0	2,5
C	6	6,5	10	7	15	0,44	2,5
G	15	15	15	15	30	0	2,5
F	0	0	0	0	30	0	2,5
L	3	8	15	8	38	4	2,5
M	6	6	6	6	44	0	2,5
P	10	11	18	12	56	1,77	2,5

$$\sum_i \sigma^2_i = 6{,}25 \quad \text{și} \quad \sqrt{\sum_i \sigma^2_i} = 2{,}5 = \sigma_n.$$

Pentru diverse valori ale lui T și anume: $T = (50; 56; 60)$ rezultă variabila redusă $\overline{X}$ și probabilitatea realizării (p^0_r) a obiectivului cu resursele puse la dispoziție:

Tabelul 16

T	$T - d_{ij}$	$\overline{X}$	p^0_r
50	−6	−2,4	0,0082
56	0	0	0,5
60	34	1,37	0,91

Scanned with OKEN Scanner

Restul de activități în afara drumului critic trebuie realizate în paralel astfel încît să se respecte termenul planificat inițial. Drumul critic în graf arată astfel:

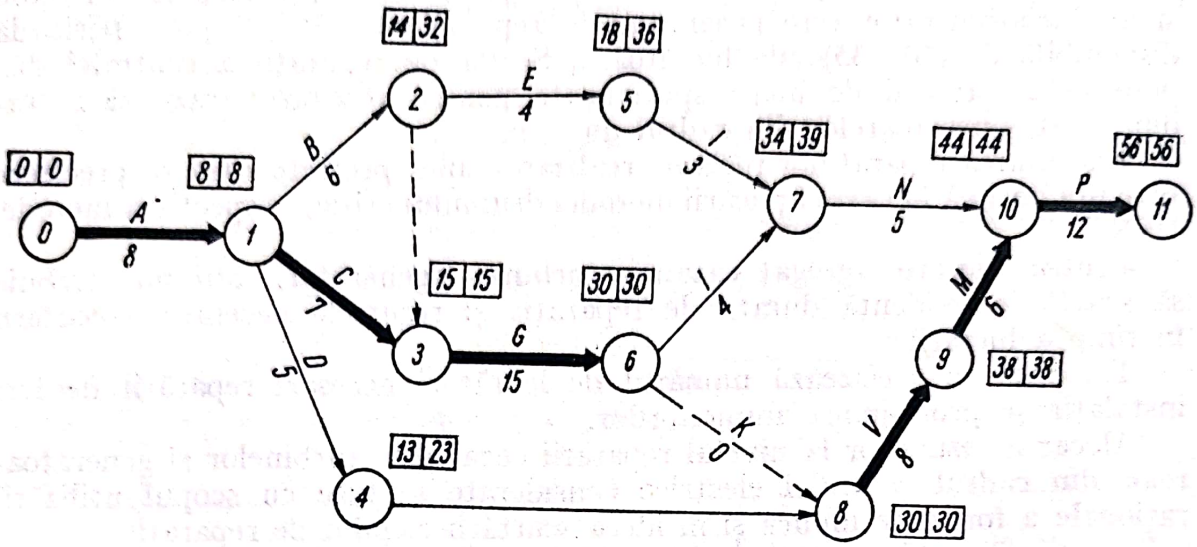


Fig. 5

Pentru folosirea acestor calculații se întocmește graficul desfășurării în timp a lucrărilor și se calculează $Z = C_i^{d(pr)} + p_n I_i^{d(pr)} = \text{minim}$.

Cea mai bună variantă de realizare a obiectivului prezentat în graful figurii 5 este de 60 u.t. la nivelul resurselor stabilite în prealabil.

2. În orice graf complet există conform teoremei lui König cel puțin un drum hamiltonian.

Un drum sau un circuit care trece o singură dată prin fiecare vîrf al grafului se numește traseu hamiltonian.

Se întocmește matricea distanțelor ce leagă vîrfurile grafului apoi se rezolvă această matrice în vederea stabilirii drumului comis voiajorului cu metoda tranziției minime în linie pentru grafuri necomplete. Pentru grafuri complete se utilizează algoritmul lui Foulkes.

Pentru drumul hamiltonian pe traseul poștașului chinez se parcurg toate laturile o dată și numai o dată și se acceptă varianta la care costul total al lucrărilor este minim.

3. Aplicarea metodei PERT la îmbunătățirea variantei din graful figurii 5 se face scurtînd duratele și alocînd în acest scop cantitatea de resurse necesară realizării în termen a obiectivului. Varianta optimă este aceea la care efortul suplimentar reclamat de scurtarea duratei este minim.

Se calculează atîtea variante pînă cînd se obține durata căutată sau se acceptă durata pînă la care efortul suplimentar este rațional.

Pentru graful din figura 5 durata poate scădea de la 56 unități de timp la 44 unități de timp la un efort suplimentar față de situația inițială de 195.000 lei. Valoarea lucrării la durata normală de 56 unități de timp este de 1.300.000 lei (13 operații × 100.000 lei). Dacă se încearcă trecerea la o durată de montaj de 43 unități de timp efortul suplimentar crește la infinit deci se obține o situație imposibilă.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 24

O centrală termoelectrică este echipată cu 3 cazane TGM — 84 și 3 grupuri de 100 MW. Conform graficului de reparații un cazan, o turbină VT—100 și un turbogenerator este programat în reparație tip RC_2 — pe o perioadă disponibilă de (30—35) zile lucrătoare. Secția de reparații a centralei dispune de 3 formații de lucru specializate pentru repararea cazanelor, turbinelor și generatoarelor din cadrul unității.

Executarea reparațiilor reclamă realizarea unor proiecte care să precizeze varianta optimă în cazul aplicării metodei drumului critic, respectiv a metodei PERT.

Pentru fiecare agregat cazan — turbină — generator, studiul trebuie să scoată în evidență durata de reparație și resursele necesare executării în timp a lucrărilor.

Totodată se precizează numărul de lucrători necesari reparării fiecărei instalații și profesiunea muncitorilor.

Alocarea resurselor la nivelul reparării cazanelor, turbinelor și generatoarelor din cadrul centralei electrice considerate se face cu scopul utilizării raționale a forței de muncă și în ideea scurtării ciclului de reparații.

Se cere:

1. Stabilirea graficului rețea pentru repararea unui cazan TGM—84 și precizarea structurii forței de muncă.
2. Determinarea drumului critic pentru repararea unei turbine TV—100 MW și întocmirea histogramei resurselor.
3. Întocmirea graficelor rețea pentru repararea unui turbogenerator de 100 MW și precizarea structurii forței de muncă.

Rezolvare

1. *Reparația tip RC_2 a unui cazan de abur TGM—84.*

Agregatul a fost oprit conform graficului de execuție a lucrărilor de reparații planificate pe o perioadă de 30—35 zile lucrătoare pentru executarea următoarelor reparații:

— înlocuirea unor țevi ale ecranului;
— revizia armăturilor circuitelor de apă, abur, gaze și păcură;
— revizia ventilatoarelor de aer și gaze;
— revizia preîncălzitorilor de aer;
— refacerea parțială a ambrazurilor arzătoarelor.

În tabelul 17 sînt nominalizate lucrările ce trebuie executate, duratele acestora și forța de muncă necesară pe specialități.

Valoarea cea mai probabilă de execuție a fiecărei activități a fost calculată prin metoda PERT pe baza unor date estimative obținute din producție.

Calculul momentelor, marjelor și identificarea activităților critice aparținînd graficului rețea elaborat pentru execuția ansamblului de lucrări menționate, este sintetizat în tabelul 18.

Pentru calculul automat al elementelor tabelului cu ajutorul calculatorului electronic ELLIOTT 4120 S (programul PERT—1) este necesar:

— a i se furniza calculatorului datele menționate în primele trei coloane ale tabelului 18;
— a se preciza dacă săptămînal se lucrează 6 sau 7 zile;
— a se fixa data începerii lucrărilor.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 17

Nr. crt.	Activitatea (lucrarea)	Simbol	Activități imediat precedente	Durata — zile —				Personal executant — om —	Tipul resursei
				t_o	t_m	t_p	τ		
1	Oprirea cazanului și izolarea pe partea de apă, abur și gaze naturale.	*OC*	—	1	1	1	1	6	r_6
2	Răcirea cazanului.	*R*	*OC*	2	2	2	2	—	—
3	Revizia aparatelor de măsură și control și a echipamentului de protecție-automatizare.	*RAA*	*R*	16	18	20	18	10	r_5
4	Demontarea izolației termice a conductelor și armăturilor.	*DT*	*R*	1	2	3	2	6	r_4
5	Revizia ventilelor și a celorlalte armături ale circuitului de apă — abur	*RV*	*DT*	8	10	12	10	15	r_1
6	Revizia stațiilor de reducere-răcire.	*RS*	*R*	7	8	9	8	6	r_1
7	Revizia armăturilor circuitelor de gaze și păcură	*RGP*	*R*	3	4	5	4	3	r_1
8	Revizia armăturilor degazorilor	*RD*	*R*	4	6	8	6	5	r_1
9	Revizia ventilatoarelor de aer și gaze	*RVAG*	*R*	9	19	11	10	4	r_2
10	Revizia preîncălzitorilor de aer.	*RPA*	*R*	7	8	9	8	4	r_2
11	Revizia pompelor de transvazare și de condensat secundar.	*RTC*	*RD*	3	4	5	4	4	r_2
12	Înlocuirea țevilor sparte.	*ITS*	*R*	9	10	11	10	10	r_3
13	Proba hidraulică.	*PH*	*ITS*	2	2	2	2	6	r_6
14	Refacerea zidăriei refractare, refacerea ambrazurii arzătoarelor și refacerea conurilor de protecție ale injectoarelor de păcură.	*RZ*	*RPT, RPA, PH, RVAG, RS, RGP, RV*	8	10	12	10	6	r_4
15	Izolarea termică a conductelor și armăturilor.	*IT*	*RZ*	3	4	5	4	6	r_4
16	Montarea aparatelor de măsură și control și a echipamentului de protecție — automatizare.	*MAA*	*RAA*	1	2	3	2	3	r_5
17	Pregătirea cazanului pentru pornire.	*P*	*M*	1	1	1	1	6	r_6

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 18

i	u	τ	t_i^d	t_u^d	t_i^t	t_u^t	t_m^i	t_m^i	t_M^i	t_M^t	M_T	M_L	M_i	Act. critică
1	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	*
2	3	2	1	3	1	3	1	3	1	3	0	0	0	*
3	4	6	3	9	3	12	3	9	6	12	3	0	0	
3	5	8	3	11	3	15	3	11	7	15	4	0	0	
3	6	10	3	13	3	13	3	13	3	13	0	0	0	*
3	7	10	3	13	3	15	3	13	5	15	2	0	0	
3	8	4	3	7	3	15	3	7	11	15	8	0	0	
3	9	2	3	5	3	5	3	5	3	5	0	0	0	*
3	10	18	3	21	3	27	3	21	9	27	6	0	0	
3	11	8	3	15	3	15	3	11	7	15	4	4	4	
4	11	4	9	15	11	15	9	13	11	15	2	2	0	
5	11	0	11	15	15	15	11	11	15	15	4	4	0	
6	11	2	13	15	13	15	13	15	13	15	0	0	0	*
7	11	0	13	15	15	15	13	13	15	15	2	2	0	
8	11	0	7	15	15	15	7	7	15	15	8	8	8	
9	11	10	5	15	5	15	5	15	5	15	0	0	0	*
10	13	2	21	29	27	29	21	23	27	29	6	6	0	
11	12	10	15	25	15	25	15	25	15	25	0	0	0	*
12	13	4	25	29	25	29	25	29	25	29	0	0	0	*
13	14	1	29	30	29	30	29	30	29	30	0	0	0	*

Graficul rețea din figura 6 conține două drumuri critice:

— DC_1 : OC — R — ITS — PH — RZ — IT — P;

— DC_2 : OC — R — DT — RV — RZ — IT — P.

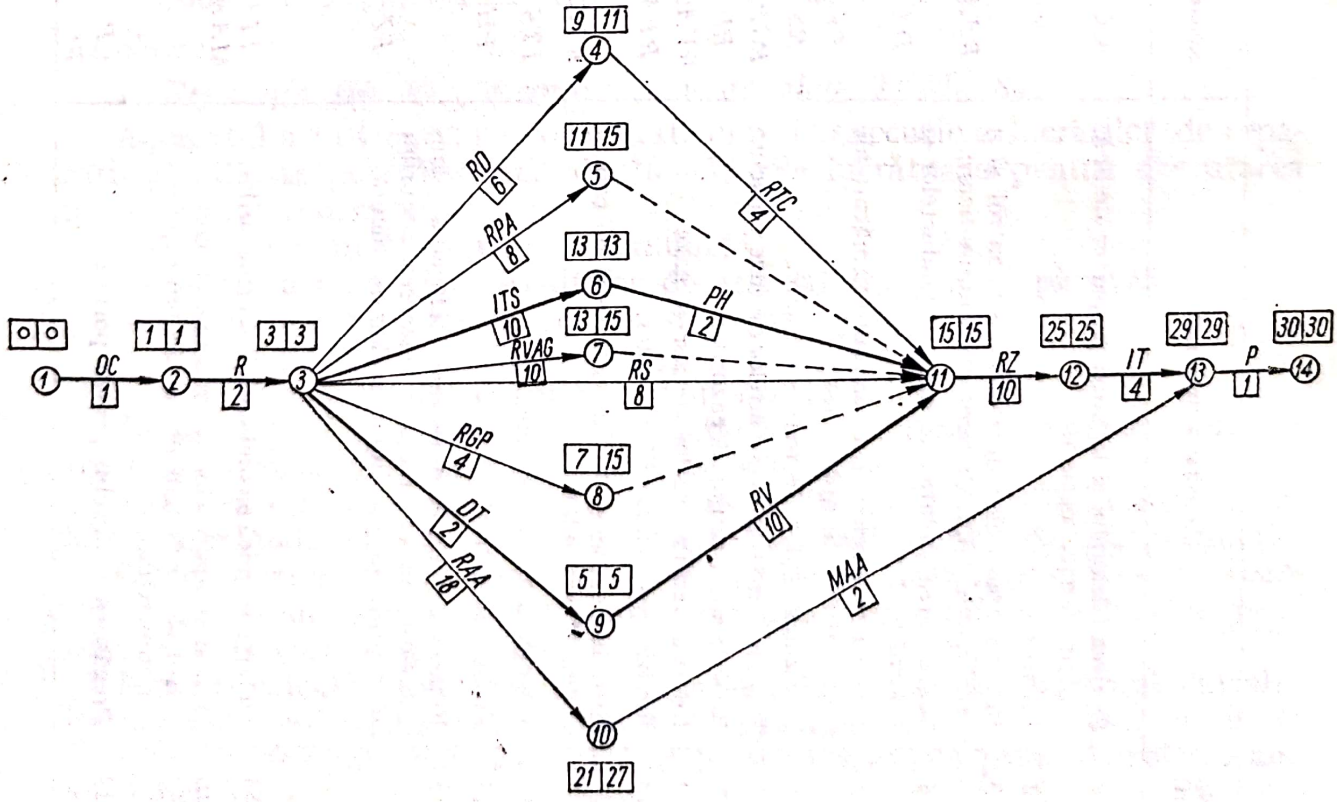


Fig. 6

Probabilitatea de realizare a obiectivului este cea aferentă celui mai defavorabil caz. În consecință această probabilitate va fi impusă de cea mai mare sumă a dispersiilor activităților critice situate pe unul din cele două drumuri critice.

$$(\Sigma\sigma^2_{cr})_{DC_1} = \left(\frac{1-1}{6}\right)^2 + \left(\frac{2-2}{6}\right)^2 + \left(\frac{11-9}{6}\right)^2 + \left(\frac{2-2}{6}\right)^2 + \left(\frac{12-8}{6}\right)^2 + \left(\frac{5-3}{6}\right)^2 +$$

$$+ \left(\frac{1-1}{6}\right)^2 = \frac{2}{3} = \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{4}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{6}{9}$$

$$(\Sigma\sigma^2_{cr})_{DC_2} = \left(\frac{1-1}{6}\right)^2 + \left(\frac{2-2}{6}\right)^2 + \left(\frac{3-1}{6}\right)^2 + \left(\frac{12-8}{6}\right)^2 + \left(\frac{12-8}{6}\right)^2 + \left(\frac{5-3}{6}\right)^2 +$$

$$+ \left(\frac{1-1}{6}\right) = \frac{10}{9}.$$

Deci: $Y = \dfrac{31-30}{\sqrt{\frac{10}{9}}} = 0{,}95;$

iar: $p(Y = 0{,}95) = 0{,}816.$

Forța de muncă disponibilă a secției de reparații termomecanice este menționată în tabelul 19.

Tabelul 19

Specialitatea	Simbol	Cantitatea disponibilă de resurse (numărul de persoane) personal
Armăturişti	1	27
Ventilaturişti — pompagii	2	10
Sudori — ţevari	3	12
Zidari — şamotori — tinichigii	4	7

Necesarul de forță de muncă rezultă din graficele GANTT elaborate pentru fiecare tip de resursă.

Din analizele conducerii secției se constată că problemele mai dificile în ceea ce privește personalul de reparații necesar revin primelor două specialități (r_1, r_2 — resurse critice), de aceea se vor întocmi graficele GANTT și histogramele de personal numai pentru aceste două tipuri

Scanned with OKEN Scanner

de resurse, se va avea în vedere programul minorant, deoarece în procesul de reparație nu se merge pe ideea amînării lucrărilor decît în cazuri speciale.

3. Pentru programarea lucrărilor a cărei execuție necesită resurse tip r_1 și tip r_2 se va utiliza metoda Verhines.

În tabelul 20 este sintetizat modul de programare a lucrărilor, iar histograma resurselor și graficul — rețea corespunzătoare, sînt redate în figura 7.

Tabelul 20

Activități necritice care concură la programare	Tip resursă	t_i^d	τ	t_{ij}^t	Modul de programare a lucrărilor
RD	r_1	3	6	12	Simultan cu *RS*
RS	r_1	3	8	15	Simultan cu *RD* + *RGP*
RGP	r_1	3	4	15	După *RD*
RTC	r_2	9	4	15	Simultan cu *RVAG*
RPA	r_2	3	8	15	Simultan cu *RVAG*
RVAG	r_2	3	10	15	Simultan cu *RPA* + *RTC*

Aplicînd criteriul Burgess — Killebrew pentru compararea variantelor de programare a resurselor, rezultă că ultima variantă realizează o nivelare optimă a celor două categorii de resurse deoarece, varianta (II) surclasează varianta I, așa cum rezultă din datele tabelului 20 a.

Tabelul 20, a

	$\Sigma r^2 t$	
	Resurse tip r_1	Resurse tip r_2
Varianta 1	5208	800
Varianta 2	5196	672

În tabelul 21 sînt centralizate momentele de începere — terminare și marjele aferente graficului rețea din figura 5.

Scanned with OKEN Scanner

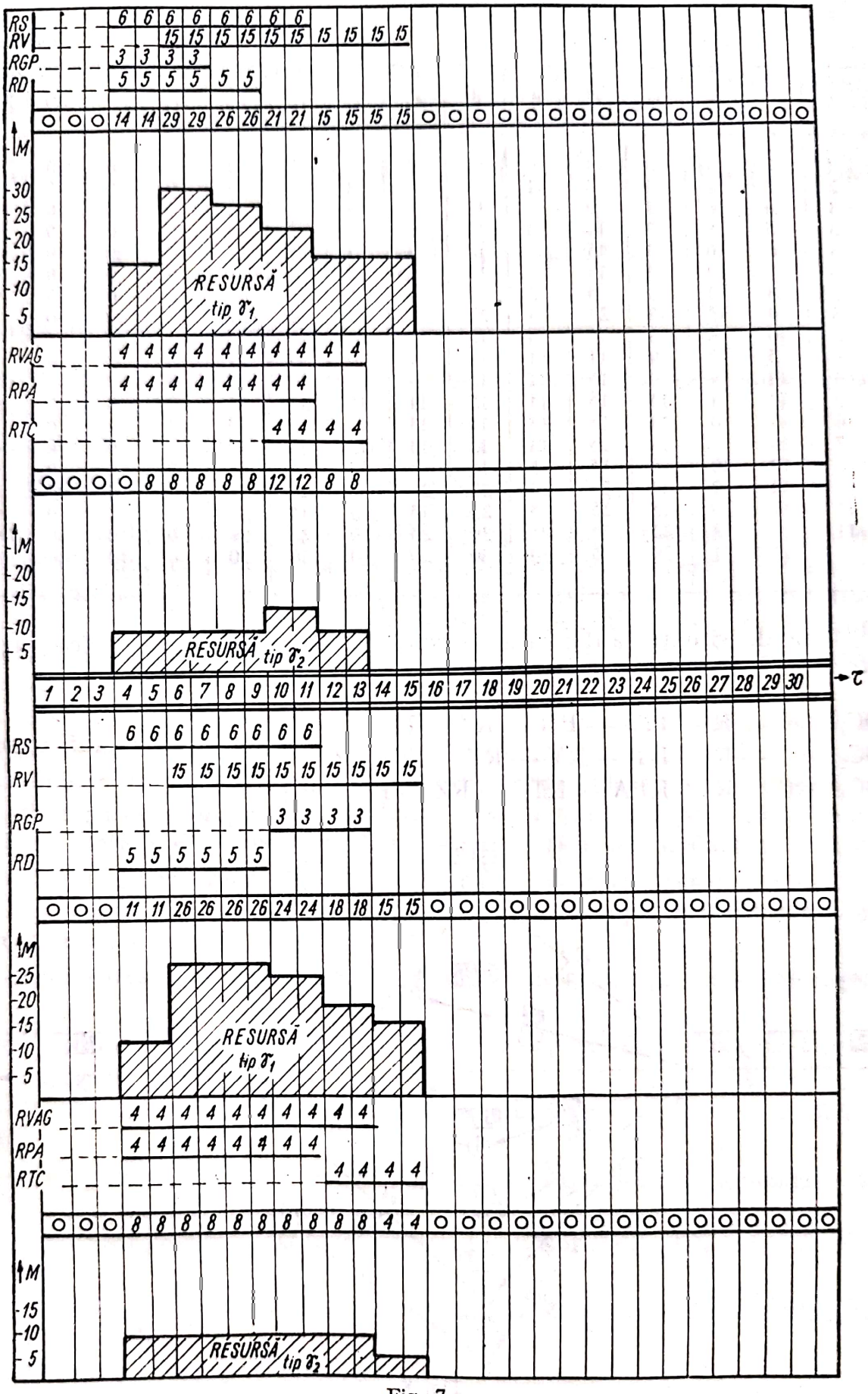


Fig. 7

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 21

i	u	τ	t_i^d	t_u^d	t_i^t	t_u^t	t_m^i	t_m^t	t_M^i	t_M^t	M_T	M_L	M_I	Activ. critică
1	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	*
2	3	2	1	3	1	3	1	3	1	3	0	0	0	*
3	4	6	3	9	3	11	3	9	5	11	2	0	0	
3	5	8	3	11	3	11	3	11	3	11	0	0	0	*
3	6	10	3	13	3	15	3	13	5	15	2	0	0	
3	7	10	3	13	3	13	3	13	3	13	0	0	0	*
3	8	2	3	5	3	5	3	5	3	5	0	0	0	*
3	9	18	3	21	3	27	3	21	9	27	6	0	0	
3	10	8	3	15	3	15	3	11	7	15	4	4	4	
4	5	0	9	11	11	11	9	9	11	11	2	2	0	
4	10	4	9	15	11	15	9	13	11	15	2	2	0	
5	10	4	11	15	11	15	11	15	11	15	0	0	0	*
6	10	0	13	15	15	15	13	13	15	15	2	2	0	
7	10	2	13	15	13	15	13	15	13	15	0	0	0	*
8	10	10	5	15	5	15	5	15	5	15	0	0	0	*
9	12	2	21	29	27	29	21	23	27	29	6	6	0	
10	11	10	15	25	15	25	15	25	15	25	0	0	0	*
11	12	4	25	29	25	29	25	29	25	29	0	0	0	*
12	13	1	29	30	29	30	29	30	30	30	0	0	0	*

Față de situația anterioară se constată că noul grafic — rețea (fig. 8) prezintă 3 drumuri critice:

DC_1 : OC — R — ITS — PH — RZ — IT — IP
DC_2 : OC — R — DT — RV — RZ — IT — P
DC_3 : OC — R — RPA — RTC — RZ — IT — P

} Aceleași din graficul-rețea inițial

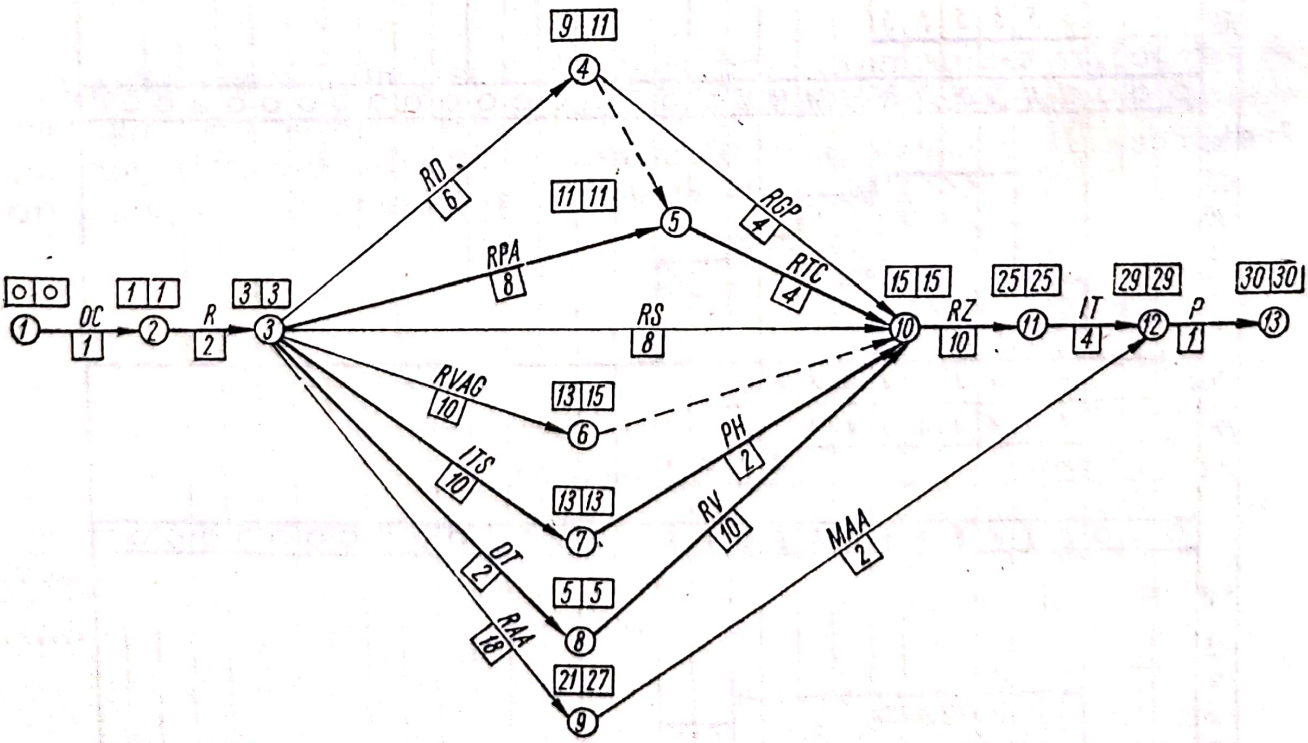


Fig. 8

Suma dispersiilor activităților critice în cadrul celui de-al treilea drum critic este:

$$(\Sigma\sigma^2_{cr})_{DC_3} = \left(\frac{1-1}{6}\right)^2 + \left(\frac{2-2}{6}\right)^2 + \left(\frac{9-7}{6}\right)^2 + \left(\frac{5-3}{6}\right)^2 + \left(\frac{12-8}{6}\right)^2 + \left(\frac{5-3}{6}\right)^2 +$$

$$+ \left(\frac{1-1}{6}\right)^2 = \frac{7}{9} + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{4}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 = \frac{7}{9}$$

Deoarece $(\Sigma\sigma^2_{cr})_{DC_2} > (\Sigma\sigma^2_{cr})_{DC_3} > (\Sigma\sigma^2_{cr})_{DC_1}$

probabilitatea de realizare a ansamblului de lucrări va fi aceeași din situația inițială: p $(y = 0{,}95) = 0{,}816$.

Graful rețea se poate urmări în figura 5.

2. *Reparație de tipul RC_2 a unei turbine de 100 MW*

În vederea desfășurării activității de reparații pentru o turbină de 100 MW se determină durata fiecărei operații și momentele de începere și terminare a fazelor de lucru. Se trece apoi la estimarea duratelor pe baza metodei drumului critic, respectiv pe baza metodei PERT. Se calculează marjele de timp și se stabilește lanțul tehnologic care conține operații critice, adică operațiile tehnologice la care rezerva (marja) de timp este zero.

Se trasează graficul rețea și se determină durata totală de realizare a lucrării. Se compară durata de realizare cu durata planificată și se deduce probabilitatea de terminare a reparației în timpul planificat. Dacă activitatea de reparație nu poate fi efectuată pînă la termenul prevăzut, atunci fie că se alocă noi resurse, fie că se schimbă data de predare a lucrării.

Pentru a putea aplica metoda PERT la executarea reparației de tip RC_2 la o turbină VT — 100 trebuie avut în vedere scopul urmărit conform instrucțiunilor și anume:

— Eliminarea neetanșeităților la circuitele de ulei, apă, abur, hidrogen etc.;

— Verificarea și repararea ventilelor și flanșelor din circuitul examinat;

— Revizia circuitului de reglaj în vederea eliminării unor eventuale defecțiuni;

— Controlarea lagărelor pentru eliminarea defecțiunilor semnalate la oprire;

— Refacerea parțială a izolației termice la nivelul conductelor și la nivelul carcaselor;

— Deschiderea tuturor capacelor și scoaterea rotoarelor pentru verificarea întregului paletaj;

— Verificarea centrării rotoarelor;

— Controlul și repararea preîncălzitoarelor regenerative;

Scanned with OKEN Scanner

— Înlocuirea prezoanelor carcasei de înaltă presiune;
— Înlocuirea parțială a țevilor condensatorului.

Modelele de calcul ale duratelor fiecărei operații și dispersia (σ^2) se calculează cu relații de forma:

$$t = \frac{1}{6}(t_0 + 4t_m + t_p)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{36}(t_p - t_0)^2$$

în care:

t_0 = durata optimistă de realizare a unui eveniment;
t_m = durata medie de realizare a unui eveniment;
t_p = durata pesimistă de realizare a unui eveniment.

Momentele de începere și de terminare a evenimentelor din graficul rețea, care reflectă operațiile tehnologice intervenite la repararea unei turbine de 100 MW se calculează astfel:

$$t_i^d = \max 1\,(d_1 i) = \begin{cases} 0 & i = 1 \\ \max\limits_{i;j} (t_i + t_{ij}) & 1 < i \leqslant n \end{cases}$$

$$t_i^t = T_p - \max 1(d_{i_n}) \begin{cases} t_n & i = n \\ \min\limits_{i;j} (t_i^d - t_{ij}) & 1 \leqslant i < n. \end{cases}$$

Dacă $t_i^d = t_i^t$ atunci evenimentele sînt critice, iar marjele sînt egale cu zero.

Termenul minim de terminare (t_{min}^t) și termenul maxim de începere se calculează cu relații de forma:

$$t_{min}^t = t_{min}^i + d_{ij}; \qquad t_{max}^i = t_{max}^t - d_{ij},$$

în care: t_{min}^i = termenul minim de începere;

t_{max}^t = termenul maxim de terminare al lucrării.

Marjele de timp M_t = marja totală; M_1 = marja liberă și M_s = marja sigură, se calculează astfel:

$$M_t = (t_u^t - t_i^d - d_{ij});$$
$$M_1 = (t_u^d - t_i^d - d_{ij});$$
$$M_s = \max (t_u^d - t_i^t - d_{ij};\ 0).$$

Scanned with OKEN Scanner

Variabila redusă (Y_c) pentru care se determină din tabele probabilitatea dată de legea normală $p(Y_c)$ și care dă un indiciu după care lucrarea poate fi realizată în termenul planificat se calculează cu o relație de forma:

$$Y_c = \frac{T_p - t_f}{\sqrt{\sum \sigma^2}} \rightarrow p(Y_c) \gtrless p(Y_{\text{experiment}});$$

în care: T_p = durata planificată a realizării reparațiilor;

t_f = durata rezultată din aplicarea metodei PERT pentru repararea turbinei;

σ — abaterea medie patratică.

Nivelarea resurselor se face aplicînd un criteriu de forma:

$$R = \sum_{t=1}^{T_p} r_t^2 t = \text{minim};$$

în care: r_t = cantitatea de resurse în perioada (t).

Datele de calcul pentru graficul rețea din figura 9 și pentru graficul de alocare a resurselor se pot urmări în tabelele 22.

Întrucît durata drumului critic rezultată din graficul rețea este ($t_f = 31$ zile), iar celelalte lucrări se execută în paralel sau în serie ceea ce mărește întrucîtva ciclul de reparație al turbinei cu (2—4 zile) se determină probabilitatea (tabelul 30) ca lucrarea să se poată realiza în intervalul ($T_p \pm 3$ zile).

T_p	28	31	34
Y	— 1,95	0	+ 1,95
$P(t_f \leqslant T_p)$	0,0257	0,5	0,9742

Dacă se reduce durata de reparații cu 3 zile atunci probabilitatea de realizare a lucrării la această dată este de 2,57%. Dacă se crește durata rezultată din graficul rețea cu 3 zile, atunci probabilitatea de realizare a lucrării în cadrul celor 34 zile este de 97,42%.

Decizia de mărire a numărului de zile pentru repararea unei turbine de 100 MW de la 31 la 34 zile este justificată, deoarece riscul de nerealizare a lucrărilor este mult mai mic în varianta ultimă ($t_{f_3} = 34$ zile) față de celelalte două variante cu care se compară ($t_{f_2} = 31$ zile și $t_{f_1} = 28$ zile).

Scanned with OKEN Scanner

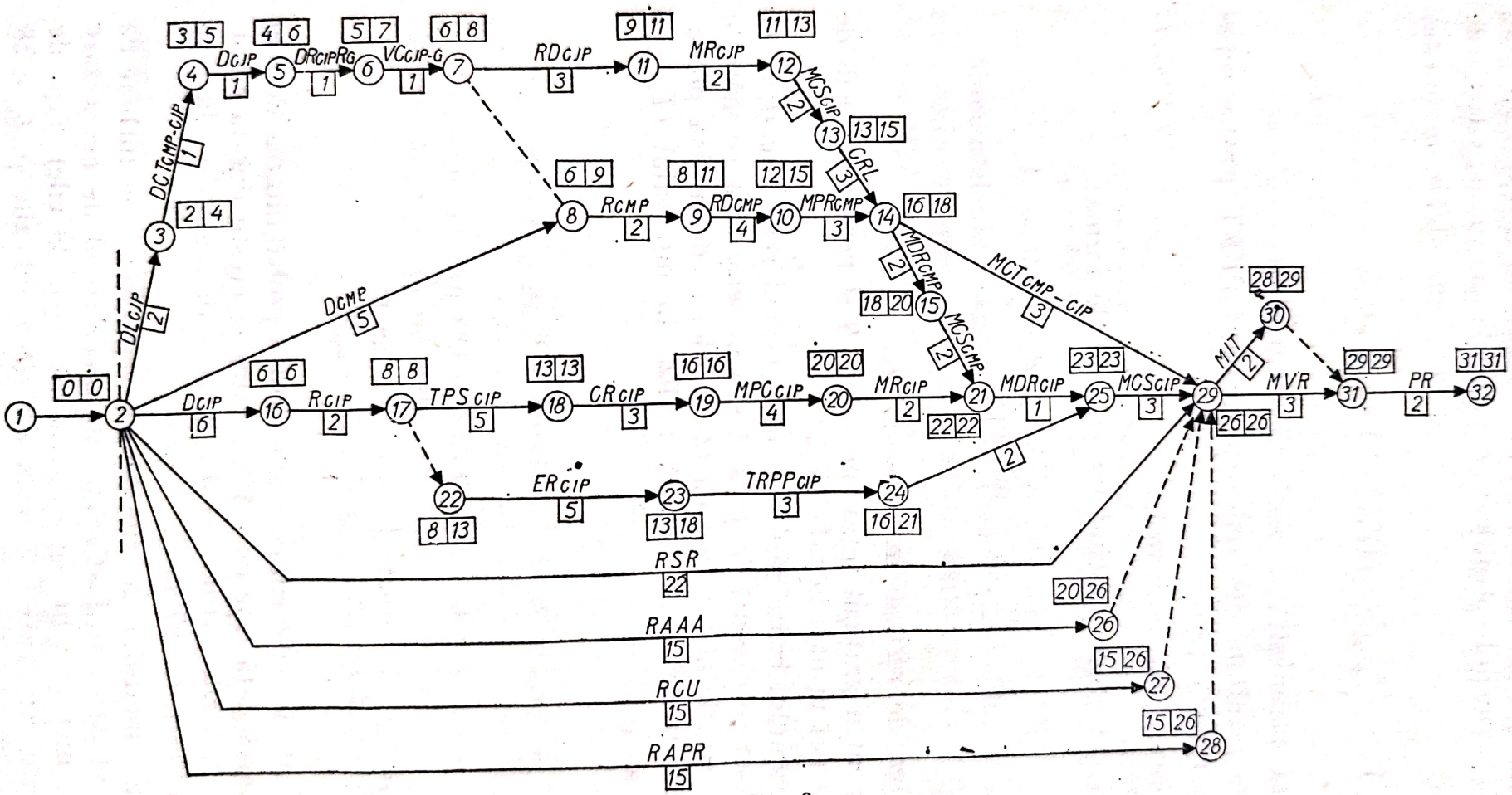


Fig. 9

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 22

Nr. crt.	Denumirea activității	Simbol	Activit. anterioare care o condiționează	Durata				Abatere medie pătratică	Activ. critice
				t_o	t_m	t_p	τ		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Deschiderea corpului de înaltă presiune	D.C.I.P.	—	4	6	8	6	0,445	
2	Ridicare rotor corp. înaltă presiune	R.C.I.P	D.C.I.P.	1	2	3	2	0,11	
3	Tușat plan separație corp înaltă pres.	T.P.S.CIP	R.C.I.P.	4	5	6	5	0,445	
4	Centrare rotor corp înaltă presiune	CR.CIP	TPSCIP	2,3	2,8	4,5	3	0,133	
5	Montat provizorie carcasa superioară corp înaltă presiune	MPCSCIP	CR.CIP	3	3,5	7	4	0,445	
6	Montat provizoriu rotor corp înaltă presiune	MPRCIP	MPCSCIP	1,25	2	2,75	2	0,062	
7	Montat definitiv rotor corp înaltă presiune	MDRCIP	MCSCIP MPRCIP	0,8	1	1,2	1	0,004	
8	Echilibrat rotor corp înaltă presiune	ER.CIP	R.CIP	4	5	6	5	0,11	
9	Tușat și rectificat piulițe strîngere și prezoane	TRPPCIP	ER.CIP	1,5	3,25	3,5	3	0,11	
10	Revizia instalației de încălzit prezoane	RIP	TRPPCIP	1,5	1,75	3,5	2	0,11	
11	Montat definitiv carcasa superioară corp înaltă presiune	MDCSCIP	MDRCIP RIP	1,75	2,75	5,25	3	0,34	
12	Demontat corp medie presiune	D.CM.P	—	3	5	7	5	0,445	

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 22 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Ridicat carcasă corp medie presiune	R.CMP	VCCJP-G D.C.M.P.	1	2	3	2	0,11	
14	Revizie diafragme corp medie pres.	RD.CMP	RCMP	3,25	3,5	6,75	4	0,34	
15	Montare provizorie rotor corp medie presiune	MPRCMP	RDCMP	2	2,75	5	3	0,11	
16	Demontat lagăre corp joasă presiune	D.L.CJP	—	1,25	2	2,75	2	0,062	
17	Demontat conducte trecere corp medie—corp joasă	$DCT_{CMP-CIP}$	DLCJP	1	1	1	1	0	
18	Demontat corp joasă presiune	DC.J.P.	$DCT_{CMP-CIP}$	0,8	1	1,2	1	0,004	
19	Demontare rotor corp joasă presiune—generator	$DR_{CIP}-R_G$	DCJP	1	1	1	1	0	
20	Verificat centraje corp joasă presiune—generator	VCCJP-G	$DR_{CJP}-R_G$	0,4	1,1	1,2	1	0,018	
21	Demontat, revizuit montat, diafragme corp joasă presiune	RDCJP.	VC_{CJF-G}	2,25	2,75	4,75	3	0,174	
22	Montat rotor corp joasă presiune	MRCJP	RDCJP	1,5	1,75	4,75	3	0,114	
23	Montat carcasa superioară corp joasă presiune	MCSCJP	MRCJP	1	2	3	2	0,11	
24	Centrat rotor corp joasă presiune și montare def. lagăre	C.R.L.	MCSCJP	2	2,5	6	3	0,445	
25	Montat definitiv rotor C.M.P.	MDRCMP	MPRCMP CRL	1,25	2	2,75	2	0,062	

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 22 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	Montat conducte de trecere CMP-CIP	MCT CMP-CIP	MPRCMP CRL	1,5	3,25	3,5	3	0,11	
27	Revizia sistemului de reglaj	R.S.R.	—	18	22	26	22	1,765	
28	Montaj izolație termică	MIT	$MCT_{CMP-CIP}$ MCS.CIP RSR; RAAA; RCU; RAPR	1,5	1,75	3,5	2	0,11	
29	Montaj ventil reglaj	M.V.R.	Același ca MIT	1,75	2,75	5,25	3	0,34	
30	Montat carcasa superioară corp medie presiune	MCSCMP	MDRCMP	1	2	3	2	0,11	
31	Revizia circuitului apă, abur, aer	RAAA	—	16	20	24	20	1,765	
32	Revizie circuit ulei	RCU	—	13	15	17	15	0,25	
33	Revizia instalației de automatizare a circ. de p.t. regen.	RAPR	—	13	14	21	15	1,765	
34	Probe reglaj	PR	MVR, MIT	1,25	2	2,75	2	0,062	

3. *Repararea unui generator de 100 MW*

În vederea executării unei reparații capitale la un turbogenerator de 100 MW se efectuează studiul activității de reparații și se întocmește graficul rețea. După aceea se alocă resursele necesare și se studiază corelația dintre reducerea timpului de imobilizare a generatorului în reparație și creșterea resurselor destinate acestui scop.

Repararea unui generator de 100 MW se face pe subansamble și anume: repararea statorului, repararea rotorului și repararea excitatricei.

Pentru fiecare subansamblu se determină graficul rețea și se trasează drumul critic.

Cele trei grafice se corelează între ele așa fel încît să nu apară decalaje între momentele de terminare a reparațiilor la stator față de rotor și față de excitatrice.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 23

Nr. crt.	Activitatea	Durata medie τ	Termenii de începere și finali				Program minorant		Program majorant		Rezerve de timp			Activit. critice	Nr. muncitori schimb
			t_i^d	t_i^t	t_u^d	t_u	t_{min}^t	t_{min}^t	t_{max}^t	t_{max}^t	M_T	M_L	M_I		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2–3	2	0	0	2	4	0	2	2	4	2	0	2		6
2	3–4	1	2	4	3	5	2	3	4	5	2	0	0		9
3	4–5	1	3	5	4	6	3	4	5	6	2	0	0		12
4	5–6	1	4	6	5	7	4	5	6	7	2	0	0		3
5	6–7	1	5	7	6	8	5	6	7	8	2	0	0		8
6	2–8	5	0	0	6	9	0	5	4	9	4	1	1		15
7	7–8	0	6	8	6	9	6	6	9	9	5	0	0		0
8	8–9	2	6	9	8	11	6	8	9	11	3	0	0		8
9	9–10	4	8	11	12	15	8	12	11	15	3	0	0		9
10	7–11	3	6	8	9	11	6	9	8	11	2	0	0		9
11	11–12	2	9	11	11	13	9	11	11	13	2	0	0		8

Scanned with OKEN Scanner

12	12—13	2	11	13	13	15	11	13	13	15	2	0	0		15
13	10—14	3	12	15	16	18	12	15	15	18	3	1	0		6
14	13—14	3	13	15	16	18	13	16	15	18	2	0	0		8
15	14—15	2	16	18	18	20	16	18	18	20	2	0	0		8
16	2—16	6	0	0	6	6	0	6	0	6	0	0	0	*	24
17	16—17	6	6	6	8	8	6	8	4	8	0	0	0	*	10
18	17—18	2	8	8	13	13	8	13	8	13	0	0	0	*	21
19	18—19	5	13	13	16	16	13	16	13	16	0	0	0	*	10
20	19—20	3	16	16	20	20	16	20	16	20	0	0	0	*	18
21	15—21	4	18	20	22	22	18	20	20	22	0	2	0		15
22	20—21	2	20	20	22	22	20	22	20	22	2	0	0	*	10
23	17—22	2	8	8	8	13	8	8	13	13	0	0	0		0
24	22—23	0	8	13	13	18	8	13	13	18	5	0	0		8
25	23—24	5	13	18	16	21	13	16	18	21	5	1	0		6
26	21—25	3	22	22	23	23	22	23	22	23	5	0	0	*	10

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 23 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
27	24—25	1	16	21	23	23	17	19	21	23	0	5	0		6
28	2—26	2	0	0	20	26	0	20	6	26	5	0	0		14
29	2—27	20	0	0	15	26	0	15	11	26	4	0	0		3
30	2—28	15	0	0	15	26	0	15	11	26	11	0	0		8
31	14—29	3	16	18	26	26	16	19	23	26	11	7	5		12
32	25—29	3	23	23	26	26	23	26	23	26	0	0	0	*	24
33	26—29	0	20	26	26	26	20	20	26	26	6	6	0		0
34	2—29	22	0	0	26	26	0	22	4	26	4	4	4		3
35	27—29	0	15	26	26	26	15	15	26	26	11	11	0		0
36	28—29	0	15	26	26	26	15	15	26	26	11	11	0		0
37	29—30	2	26	26	28	29	26	28	27	29	1	0	0		18
38	29—31	3	26	26	29	29	26	29	26	29	0	0	0	*	0
39	30—31	0	28	29	29	29	28	28	29	29	1	1	0		0
40	31—32	2	29	29	31	31	29	31	29	31	0	0	0	*	16

Scanned with OKEN Scanner

Ordinea reparațiilor din lanțul tehnologic al reparării unui generator arată astfel:

A. Scoaterea rotorului și așezarea lui pe platformă;

B. Scoaterea și pregătirea bobinelor statorului (tăierea bandajelor, scoaterea penelor, scoaterea tacheților, curățirea capișoanelor, poansonarea, dezlipirea capetelor de bobină etc.);

C. Curățirea miezului și a bobinelor (spălarea bobinelor de ulei de tetraclorură de carbon, curățirea capetelor de bobină de aliajul de sudură etc.);

D. Probarea cu tensiune mărită a bobinelor statorului;

E. Repararea bobinelor străpunse înainte de probă sau în timpul încercărilor efectuate;

F. Repararea cercurilor de consolidare;

G. Repararea coroanei de conexiuni;

H. Revizuirea și montarea termorezistențelor;

I. Montarea consolelor și a cercurilor de consolidare;

J. Montarea bobinelor pe stator;

K. Proba cu tensiune mărită;

L. Împănarea bobinelor;

M. Refacerea probelor cu tensiune mărită;

N. Înlocuirea bobinelor defecte;

O. Sudarea capetelor de înseriere;

P. Montarea capișoanelor;

R. Uscarea statorului;

S. Vopsirea;

T. Montarea și centrarea rotorului;

U. Montarea paletelor la ventilator;

V. Montarea și centrarea capacelor generatorului;

Z. Proba de etanșare a rotorului;

1. Montarea și centrarea excitatricei;

n. Probe de funcționare în gol și sarcină;

Datele pentru urmărirea tehnologiei de reparare a statorului, a rotorului și a excitatricei se dau în tabelele (24—29).

Dacă se construiește graful-rețea de reparare a generatorului de 100 MW rezultă că repararea se poate realiza în 214 zile dacă se lucrează într-un schimb.

Întrucît ciclul de reparații al generatorului este prea lung se organizează efectuarea lucrărilor în 3 schimburi și se determină graficele rețea pentru noua situație îmbunătățită.

Graficul rețea de ansamblu pentru întregul generator de 100 MW, în cazul variantei îmbunătățite se poate urmări pe figura 10.

Reducerea duratei (t_f) de la 214 zile la 75,8 zile pentru repararea unui generator de 100 MW se poate face prin alocarea de resurse suplimentare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 24

DRUMUL CRITIC

Tehnologia de reparaţie STATOR

Nr. crt.	Simbol	Etapa		τ	t_i^d	t_i^t	t_u^d	t_u^t	tm		tM		Marje			σ^2	operaţii critice *
		i	u						t	t	t	t	T	L	I		
1	A	0	1	5	0	0	5	5	0	5	0	5	0	0	0	1/9	*
2	B	1	2	4	5	5	9	9	5	9	5	9	0	0	0	1/9	*
3	C	2	3	5	9	9	14	14	9	14	9	14	0	0	0	1/9	*
4	C′	3	4	2	14	14	19	19	14	16	17	19	3	3	3	1/9	
5	D	2	4	7	9	9	19	19	9	16	12	19	3	3	3	1/9	
6	E	3	5	5	14	14	19	19	14	19	14	19	0	0	0	1/9	*
7	F	4	6	10	19	19	29	29	19	29	19	29	0	0	0	1/9	*
8	G	6	7	5	29	29	34	49	29	34	44	49	15	0	0	1/9	
9	H	7	8	4	34	49	65	65	34	38	61	65	17	17	11	1/9	
10	I	6	9	12	29	29	41	41	29	41	29	41	0	0	0	4/9	*
11	I′	9	10	8	41	41	49	61	41	49	53	61	12	0	0	1/9	
12	J	9	11	6	41	41	47	47	41	47	41	47	0	0	0	1/9	*
13	J′	10	8	4	49	61	65	65	49	53	61	65	12	12	8	1/9	
14	K	11	8	18	47	47	65	65	47	65	47	65	0	0	0	4/9	*
15	L	8	12	8	65	65	73	110	65	73	102	110	37	0	0	1/9	
16	M	7	13	12	34	49	46	61	34	46	49	61	15	0	0*	4/9	

Scanned with OKEN Scanner

17	N	7	14	4	34	49	38	65	34	38	61	65	27	0	0*	1/9	
18	O	7	15	2	34	49	36	65	34	36	63	65	29	0	0*	1/9	
19	P	13	8	4	46	61	65	65	46	50	61	65	15	15	0	1/9	
20	R	8	17	45	65	65	110	110	65	110	65	110	0	0	0	1	*
21	S	17	18	1	110	110	111	111	110	111	110	111	0	0	0	0	*
22	T	18	19	21	111	111	132	132	111	132	111	132	0	0	0	1	*
23	T′	19	19′	18	132	132	150	150	132	150	132	150	0	0	0	4/9	*
24	U	19	20	18	132	132	150	150	132	150	132	150	0	0	0	4/9	*
25	V	19′	21	1	150	150	151	151	150	151	150	151	0	0	0	0	*
26	Z	21	22	12	151	151	163	163	151	163	151	163	0	0	0	1/9	*
27	Z′	22	22′	9	163	163	172	177	163	172	168	177	5	0	0	1/9	
28	a	22	23	14	163	163	177	177	163	177	163	177	0	0	0	4/9	*
29	b	23	24	4	177	177	181	181	177	181	177	181	0	0	0	1/9	*
30	c	24	25	1	181	181	182	182	181	182	181	182	0	0	0	0	*
31	d	25	26	2	182	182	184	184	182	184	182	184	0	0	0	1/9	*
32	e	26	27	9	184	184	193	193	184	193	184	193	0	0	0	1/9	*
33	f	27	28	3	193	193	196	196	193	196	193	196	0	0	0	1/9	*
34	g	28	29	3	196	196	199	199	196	199	196	199	0	0	0	1/9	*
35	h	29	30	2	199	199	201	201	199	201	199	201	0	0	0	0	*
36	l	30	31	12	201	201	213	213	201	213	201	213	0	0	0	4/9	*
37	m	31	32	1	213	213	214	214	213	214	213	214	0	0	0	0	*

Scanned with OKEN Scanner

DRUMUL CRITIC

Tabelul 25

Tehnologia de reparație: ROTOR

Nr. crt.	Simbol	Etapa		τ	t_i^d	t_i^l	t_u^d	t_u^l	t_m		t_M		Marje			σ^2	Operații critice *
		i	u						t	t	t	t	T	L	I		
1	A	0	1	3	0	0	3	3	0	3	0	3	0	0	0	1/9	*
2	B	1	2	4	3	3	7	7	3	7	3	7	0	0	0	1/9	*
3	B′	2	2′	5	7	7	12	59	7	12	54	59	47	0	0	1/9	
4	C	2	3	3	7	7	10	10	7	10	7	10	0	0	0	1/9	*
5	D	3	4	18	10	10	28	28	10	28	10	28	0	0	0	4/9	*
6	D′	4	4′	9	28	28	37	64	28	37	55	64	24	0	0	1/9	
7	E	4	5	1	28	28	29	62	28	29	61	62	33	0	0	0	
8	F	2	6	1	7	7	8	103	7	8	102	103	95	0	0	0	
9	G	6	11	1	8	103	104	104	8	9	103	104	95	95	0	0	
10	H	2′	8	5	12	59	64	64	12	17	59	64	47	47	0	1/9	
11	I	5	8	2	29	62	64	64	29	31	62	64	33	33	0	1/9	
12	J	2′	7	2	12	59	14	64	12	14	62	64	50	0	0*	1/9	
13	K	4	8	36	28	28	64	64	28	64	28	64	0	0	0	1	*
14	K′	8	9	8	64	64	72	104	64	72	92	104	32	0	0	4/9	
15	L	4	10	8	28	28	36	64	28	36	55	64	28	0	0	1/9	
16	M	8	11	40	64	64	104	104	64	104	64	104	0	0	0	4/9	*
17	N	11	12	10	104	104	114	114	104	114	104	114	0	0	0	4/9	*
18	O	12	13	6	114	114	120	120	114	120	114	120	0	0	0	1/9	*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 26

DRUMUL CRITIC

Tehnologia de reparaţie: EXCITATRICE:

Nr. crt.	Simbol	Etapa		τ	t_i^d	t_i^l	t_u^d	t_u^l	t_m		t_M		Marje			σ^2	Operaţii critice *
		i	u						i'	t	t	i	T	L	I		
1	A	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	*
2	B	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	0	0	0	0	*
3	C	2	3	1	2	2	3	3	2	3	2	3	0	0	0	0	
4	D	3	4	2	3	3	5	5	3	5	3	5	0	0	0	1/9	*
5	E	4	5	5	5	5	10	11	5	10	6	11	1	0	0	1/9	
6	F	4	12	8	5	5	25	25	5	13	17	25	12	12	12	4/9	
7	G	4	6	6	5	5	11	11	5	11	5	11	0	0	0	1/9	*
8	H	6	7	4	11	11	15	15	11	15	11	15	0	0	0	1/9	*
9	I	7	8	4	15	15	19	19	15	19	15	19	0	0	0	1/9	*
10	J	8	9	1	19	19	20	20	19	20	19	20	0	0	0	0	*
11	K	9	10	3	20	20	23	23	20	23	20	23	0	0	0	1/9	*
12	L	10	11	1	23	23	24	24	23	24	23	24	0	0	0	0	*
13	M	11	12	1	24	24	25	25	24	25	24	25	0	0	0	0	*
14	N	1	12	6	1	1	25	25	1	7	19	25	18	18	18	4/9	
15	O	12	13	1	25	25	26	26	25	26	25	26	0	0	0	0	*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 27

DRUMUL CRITIC

Tehnologia de reparație STATOR: Varianta redusă

Nr. crt.	Simbol	Etapa		τ	t_i^d	t_i^l	t_u^d	t_u^l	t_m		t_M		Marje			σ^2	Operații critice *
		i	u						t	t	t	t	T	L	I		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	A	0	1	1,2	0	0	1,2	1,2	0	1,2	0	1,2	0	0	0	1/9	*
2	B	1	2	1,1	1,2	1,2	3	3	1,2	3	1,2	3	0	0	0	1/9	*
3	C	2	3	1,2	3	3	4,2	4,2	3	4,2	3	4,2	0	0	0	1/9	*
4	C′	3	4	1,1	4,2	4,2	6,1	6,1	4,2	6	5	6,1	0,1	0,1	0,1	1/9	
5	D	2	4	3	3	3	6,1	6,1	3	6	3,1	6,1	0,1	0,1	0,1	1/9	
6	E	3	5	1,2	4,2	4,2	6,1	6,1	4,2	6,1	4,2	6,1	0	0	0	1/9	*
7	F	4	6	3,1	6,1	6,1	9,2	9,2	6,1	9,2	6,1	9,2	0	0	0	1/9	*
8	G	6	7	5	10	10	15	18	10	15	13	18	3	0	0	1/9	
9	H	15	8	3	18	24	27	27	18	21	24	27	6	6	0	1/9	
10	I	6	9	6	10	10	16	16	10	16	10	16	0	0	0	4/9	*
11	I′	9	10	6	16	16	22	24	16	22	18	24	2	0	0	1/9	
12	J	9	11	3	16	16	19	19	16	19	16	19	0	0	0	1/9	*
13	J′	10	8	3	22	24	27	27	22	25	24	27	3	3	0	1/9	

Scanned with OKEN Scanner

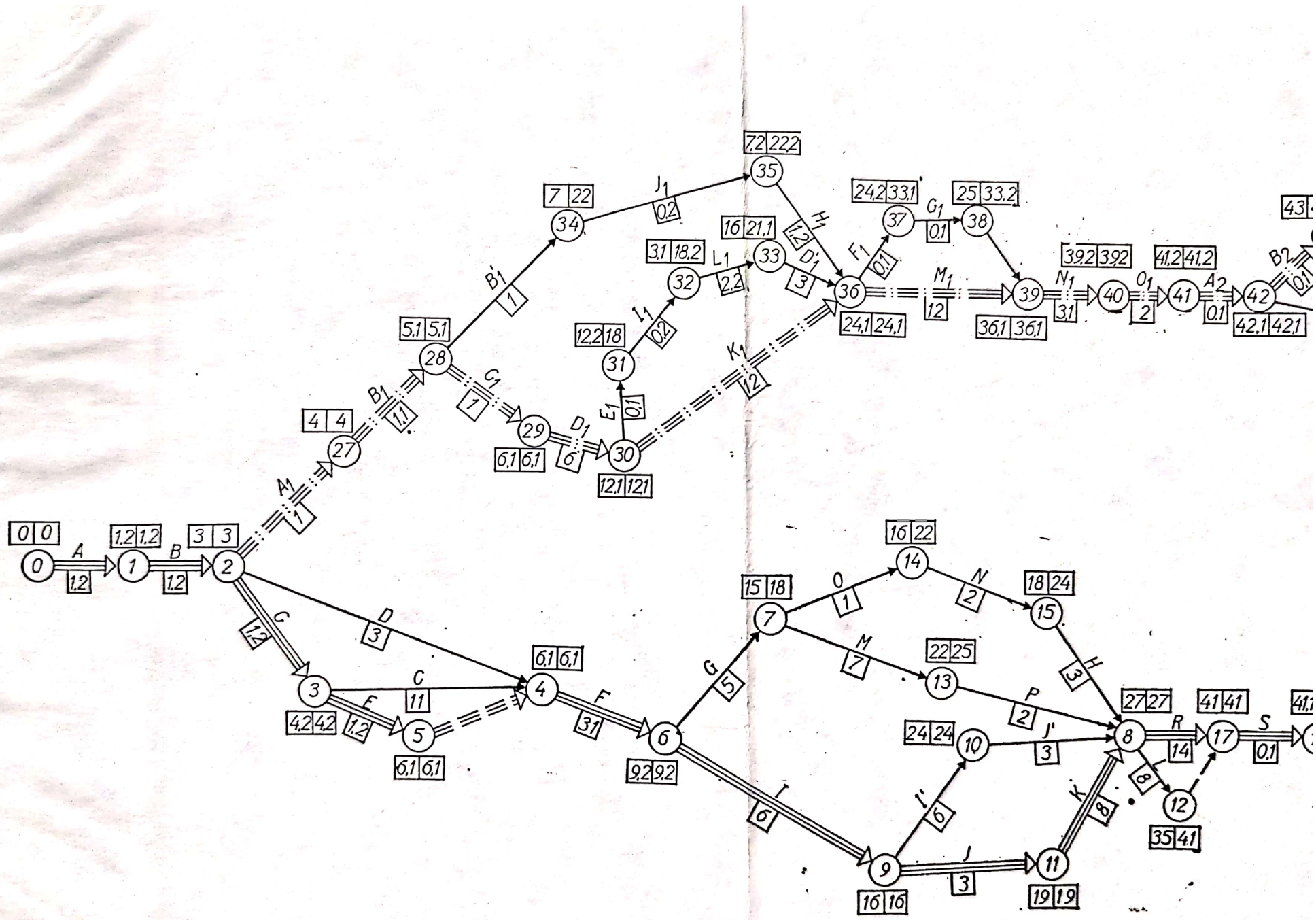

0 0
1.2 1.2
3 3
4 4
7 22
7.2 22.2
5.1 5.1
12.2 18
3.1 18.2
16 21.1
24.2 33.1
25 33.2
39.2 39.2
41.2 41.2
43
24.1 24.1
36.1 36.1
42.1 42.1
12.1 12.1
6.1 6.1
4.2 4.2
6.1 6.1
9.2 9.2
15 18
16 22
18 24
22 25
24 24
27 27
41 41
16 16
19 19
35 41
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
R
S
A1
B1
C1
D1
E1
F1
G1
H1
I1
J1
K1
L1
M1
N1
O1
A2
B2
D'1
I'
J'
K'

Fig. 10

Scanned with OKEN Scanner

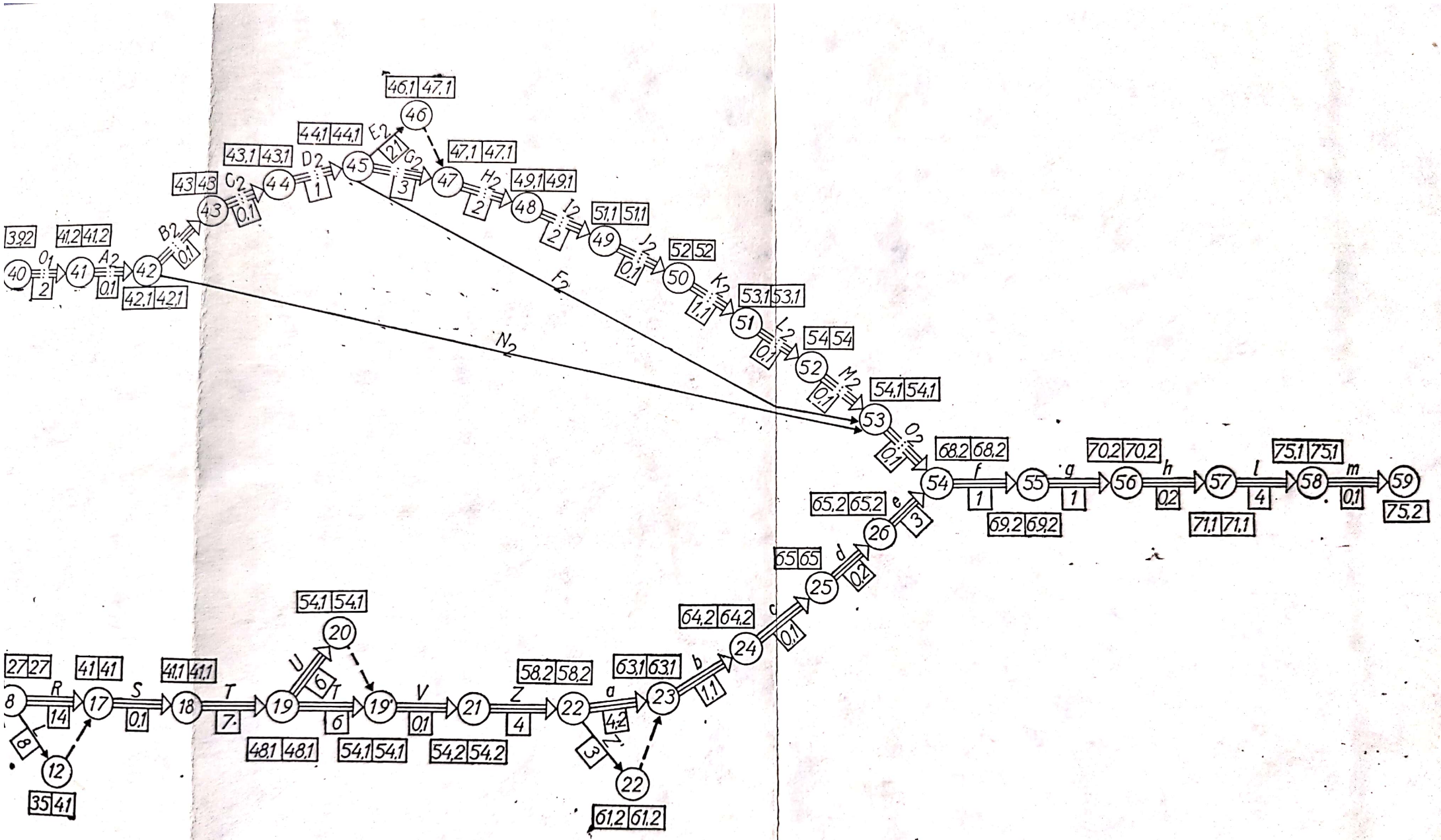


Fig. 10

Tabelul 27 (co ...re)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1
14	K	11	8	8	19	19	27	27	19	27	19	27	0	0	0	4/9	*
15	L	8	12	8	27	27	35	41	27	35	33	41	6	0	0	1/9	
16	M	7	13	7	15	18	22	25	15	22	18	25	3	0	0*	4/9	
17	N	14	15	2	16	22	18	24	16	18	22	24	6	0	0*	1/9	
18	O	7	14	1	15	18	16	22	15	16	21	22	6	0	0*	1/9	
19	P	13	8	2	22	25	27	27	22	24	25	27	3	3	0	1/9	
20	R	8	17	14	27	27	41	41	27	41	27	41	0	0	0	1	*
21	S	17	18	0,1	41	41	41,1	41,1	41	41,1	41	41,1	0	0	0	0	*
22	T	18	19	7	41,1	41,1	48,1	48,1	41,1	48,1	41,1	48,1	0	0	0	1	*
23	T′	19	19′	6	48,1	48,1	54,1	54,1	48,1	54,1	48,1	54,1	0	0	0	4/9	*
24	U	19	20	6	48,1	48,1	54,1	54,1	48,1	54,1	48,1	54,1	0	0	0	4/9	*
25	V	19′	21	0,1	54,1	54,1	54,2	54,2	54,1	54,2	54,1	54,2	0	0	0	0	*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 27 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
26	Z	21	22	4	54,2	54,2	58,2	58,2	54,2	58,2	54,2	58,2	0	0	0	1/9	*
27	Z'	22	22'	3	58,2	58,2	61,2	63,1	58,2	61,2	60,1	63,1	1,2	0	0	1/9	
28	a	22	23	4,2	58,2	58,2	63,1	63,1	58,2	63,1	58,2	63,1	0	0	0	4/9	*
29	b	23	24	1,1	63,1	63,1	64,2	64,2	63,1	64,2	63,1	64,2	0	0	0	1/9	*
30	c	24	25	0,1	64,2	64,2	65	65	64,2	65	64,2	65	0	0	0	0	*
31	d	25	26	0,2	65	65	65,2	65,2	65	65,2	65	65,2	0	0	0	1/9	*
32	e	26	27	3	65,2	65,2	68,2	68,2	65,2	68,2	65,2	68,2	0	0	0	1/9	*
33	f	27	28	1	68,2	69,2	68,2	69,2	68,2	69,2	68,2	69,2	0	0	0	1/9	*
34	g	28	29	1	69,2	69,2	70,2	70,2	69,2	70,2	69,2	70,2	0	0	0	1/9	*
35	h	29	30	0,2	70,2	70,2	71,1	71,1	70,2	71,1	70,2	71,1	0	0	0	0	*
36	l	30	31	4	71,1	71,1	75,1	75,1	71,1	75,1	71,1	75,1	0	0	0	4/9	*
37	m	31	32	0,1	75,1	75,1	75,2	75,2	75,1	75,2	75,1	75,2	0	0	0	0	*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 28

DRUMUL CRITIC

Tehnologia de reparaţie ROTOR: Varianta redusă

Nr. crt.	Simbol	Etapa		τ	t_i^d	t_i^l	t_u^d	t_u^l	tm		tM		Marje			σ^2	Operaţii critice *
		i	u						t	t	t	t	T	L	I		
1	A	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1/9	*
2	B	1	2	1,1	1	1	2,1	2,1	1	2,1	1	2,1	0	0	0	1/9	*
3	B′	2	2′	1,2	2,1	2,1	4	19	2,1	4	17,1	19	4	0	0	1/9	
4	C	2	3	1	2,1	2,1	3,1	3,1	2,1	3,1	2,1	3,1	0	0	0	1/9	*
5	D	3	4	6	3,1	3,1	9,1	9,1	3,1	9,1	3,1	9,1	0	0	0	4/9	*
6	D′	7	9	3	13	18,1	21,1	21,1	13	16	18,1	21,1	5,1	5,1	0	1/9	
7	E	4	5	0,1	9,1	9,1	9,2	15	9,1	9,2	14,2	15	5,1	0	0	0	
8	F	9	10	0,1	21,1	21,1	21,2	30,1	21,1	21,2	30	30,1	8,2	0	0	0	
9	G	10	11	0,1	21,2	30,1	22	30,2	21,2	22	30,1	30,2	8,2	0	0*	0	
10	H	8	9	1,2	4,2	19,2	21,1	21,1	4,2	6,1	19,2	21,1	5	5	0	1/9	
11	I	5	6	0,2	9,2	15	10,1	15,2	9,2	10,1	15	15,2	5,1	0	0*	1/9	
12	J	2′	8	0,2	4	19	4,2	19,2	4	4,2	19	19,2	15	0	0*	1/9	
13	K	4	9	12	9,1	9,1	21,1	21,1	9,1	21,1	9,1	21,1	0	0	0	1	*
14	K′	11	11′	2,2	22	30,2	33,1	33,1	22	24,2	30,2	33,1	8,2	8,2	0	4/9	
15	L	6	7	2,2	10,1	15,2	13	18,1	10,1	13	15,2	18,1	5,1	0	0*	1/9	
16	M	9	11′	12	21,1	21,1	33,1	33,1	21,1	33,1	21,1	33,1	0	0	0	4/9	*
17	N	11′	12	3,1	33,1	33,1	36,2	39,2	33,1	36,2	33,1	36,2	0	0	0	4/9	*
18	O	12	13	2	36,2	36,2	38,2	38,2	36,2	38,2	36,2	38,2	0	0	0	1/9	*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 29

DRUMUL CRITIC

Tehnologia de reparație EXCITATRICE Varianta redusă

Nr. crt.	Simbol	Etapa		τ	t_i^d	t_i^t	t_u^d	t_u^t	t_m		t_M		Marje			σ^2	Operații critice *
		i	u						i	t	i	t	T	L	I		
1	A	0	1	0,1	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	*
2	B	1	2	0,1	0,1	0,1	1	1	0,1	1	0,1	1	0	0	0	0	*
3	C	2	3	0,1	1	1	1,1	1,1	1	1,1	1	1,1	0	0	0	0	*
4	D	3	4	1	1,1	1,1	2,1	2,1	1,1	2,1	1,1	2,1	0	0	0	1/9	*
5	E	4	5	2,1	2,1	2,1	5	5,1	2,1	5	9	5,1	0,1	0	0	1/9	
6	F	4	12	4	2,1	2,1	12,1	12,1	2,1	6,1	8,1	12,1	6	6	6	4/9	
7	G	4	6	3	2,1	2,1	5,1	5,1	2,1	5,1	2,1	5,1	0	0	0	1/9	*
8	H	6	7	2	5,1	5,1	7,1	7,1	5,1	7,1	5,1	7,1	0	0	0	1/9	*
9	I	7	8	2	7,1	7,1	9,1	9,1	7,1	9,1	7,1	9,1	0	0	0	1/9	*
10	J	8	9	0,1	9,1	9,1	10	10	9,1	10	9,1	10	0	0	0	0	*
11	K	9	10	1,1	10	10	11,1	11,1	10	11,1	10	11,1	0	0	0	1/9	*
12	L	10	11	0,1	11,1	11,1	12	12	11,1	12	11,1	12	0	0	0	0	*
13	M	11	12	0,1	12	12	12,1	12,1	12	12,1	12	12,1	0	0	0	0	*
14	N	1	12	6	0,1	0,1	12,1	12,1	0,1	6,1	6,1	12,1	6	6	6	4/9	
15	O	12	13	0,1	12,1	12,1	13	13	12,1	13	12,1	13	0	0	0	0	*

Scanned with OKEN Scanner

x	$P(x)$	x	$P(x)$	x	$P(x)$	x	$P(x)$	x	$P(x)$
−3,00	0,001	−1,18	0,119	−0,38	0,352	0,42	0,663	1,22	0,888
−2,90	0,002	−1,16	0,123	−0,36	0,359	0,44	0,670	1,24	0,892
−2,80	0,003	−1,14	0,127	−0,34	0,367	0,46	0,677	1,26	0,896
−2,70	0,003	−1,12	0,131	−0,32	0,374	0,48	0,684	1,28	0,900
−2,60	0,005	−1,10	0,136	−0,30	0,382	0,50	0,691	1,30	0,903
−2,50	0,006	−1,08	0,140	−0,28	0,390	0,52	0,698	1,32	0,907
−2,40	0,008	−1,06	0,145	−0,26	0,397	0,54	0,705	1,34	0,910
−2,30	0,011	−1,04	0,149	−0,24	0,405	0,56	0,712	1,36	0,913
−2,25	0,012	−1,02	0,154	−0,22	0,413	0,58	0,719	1,38	0,916
−2,20	0,014	−1,00	0,159	−0,20	0,421	0,60	0,726	1,40	0,919
−2,15	0,016	−0,98	0,164	−0,18	0,429	0,62	0,732	1,42	0,922
−2,10	0,018	−0,96	0,169	−0,16	0,436	0,64	0,739	1,44	0,925
−2,05	0,020	−0,94	0,174	−0,14	0,444	0,66	0,745	1,46	0,928
−2,00	0,023	−0,92	0,179	−0,12	0,452	0,68	0,752	1,48	0,930
−1,95	0,026	−0,90	0,184	−0,10	0,460	0,70	0,758	1,50	0,933
−1,90	0,029	−0,88	0,189	−0,08	0,468	0,72	0,764	1,54	0,938
−1,85	0,032	−0,86	0,195	−0,06	0,476	0,74	0,770	1,58	0,943
−1,80	0,036	−0,84	0,200	−0,04	0,484	0,76	0,776	1,62	0,947
−1,75	0,040	−0,82	0,206	−0,02	0,492	0,78	0,782	1,66	0,952
−1,70	0,045	−0,80	0,212	0	0,500	0,80	0,788	1,70	0,955
−1,66	0,048	−0,78	0,218	0,02	0,508	0,82	0,794	1,75	0,960
−1,62	0,053	−0,76	0,224	0,04	0,516	0,84	0,800	1,80	0,964
−1,58	0,057	−0,74	0,230	0,06	0,524	0,86	0,805	1,85	0,968
−1,54	0,062	−0,72	0,236	0,08	0,532	0,88	0,811	1,90	0,971
−1,50	0,067	−0,70	0,242	0,10	0,540	0,90	0,816	1,95	0,974
−1,48	0,069	−0,68	0,248	0,12	0,548	0,92	0,821	2,00	0,977
−1,46	0,072	−0,66	0,255	0,14	0,556	0,94	0,826	2,05	0,980
−1,44	0,075	−0,64	0,261	0,16	0,564	0,96	0,831	2,10	0,982
−1,42	0,078	−0,62	0,268	0,18	0,571	0,98	0,836	2,15	0,984
−1,40	0,081	−0,60	0,274	0,20	0,579	1,00	0,841	2,20	0,986
−1,38	0,084	−0,58	0,281	0,22	0,587	1,02	0,846	2,25	0,988
−1,36	0,087	−0,56	0,288	0,24	0,595	1,04	0,851	2,30	0,989
−1,34	0,109	−0,54	0,295	0,26	0,603	1,06	0,855	2,40	0,992
−1,32	0,093	−0,52	0,302	0,28	0,610	1,08	0,860	2,50	0,994
−1,30	0,097	−0,50	0,309	0,30	0,618	1,10	0,864	2,60	0,995
−1,28	0,100	−0,48	0,316	0,32	0,626	1,12	0,869	2,70	0,997
−1,26	0,104	−0,46	0,323	0,34	0,633	1,14	0,873	2,80	0,997
−1,24	0,107	−0,44	0,330	0,36	0,641	1,16	0,877	2,90	0,998
−1,22	0,111	−0,42	0,337	0,38	0,648	1,18	0,881	3,00	0,999
−1,20	0,115	−0,40	0,345	0,40	0,655	1,20	0,885		

Scanned with OKEN Scanner

Problema 25

Metoda drumului critic aplicată la construirea unei centrale electrice cu gaze *

Principalele obiective ale centralei sînt:

— Construcția corpului principal alcătuit din sala turbinelor, aerofiltrele, corpul de comandă, coșurile și fundațiile pentru trei turbine de 38,5 MW fiecare.

— Corpul compresoarelor.

— Turnul de răcire de 10 000 m^3/h.

— Rezervorul subteran de combustibil 5 000 m^3.

— Stația subterană de pompe.

Experiența construirii în țara noastră a unei asemenea centrale electrice arată următoarele:

— Transportarea și baterea piloților necesită un efectiv de 20 muncitori, 3 maiștri (cîte unul la fiecare schimb), două excavatoare E — 505 cu lumînare (unul echipat cu vibrosondă VPI, iar celălalt echipat cu berbec de 3,6 t), macara tip E — 505, și un tractor KD.

— Productivitatea muncii la bateria piloților variază între (16÷18) piloți pe zi. După terminarea baterii piloților încep celelalte lucrări la corpul principal al centralei.

— Turnarea fundațiilor stîlpilor halei principale la un volum de 1400 m^3 se poate realiza cu o echipă de 15 muncitori, care reușește să toarne zilnic 10 m^3 beton.

— Cofrajul glisant se realizează în cca 25 zile cu un efectiv de 25 dulgheri. Montarea cofrajului se poate face în 10 zile cu o echipă de dulgheri la care se adaugă 6 lăcătuși.

— Pregătirea armăturii reclamă 20 fierari pentru beton.

— Montarea aparaturii cofrajului glisant durează 10 zile și necesită 12 lucrători din care: 6 lăcătuși, 3 electricieni și 3 instalatori.

— Montarea șarpantei metalice de 125 tone se execută în 20 zile cu un efectiv de 20 lucrători și cu ajutorul a două macarale ZB — 45.

— Durata glisării cofrajului se consideră egală cu 25 zile (1 m/zi), iar echipa de lucrători să cuprindă un efectiv de 71 oameni (5 dulgheri, 20 betoniști, 8 fierari, 6 zidari, 20 lucrători pentru placarea ceramicii, 2 electricieni, 4 mecanici, 1 instalator, 2 macaragii, 8 legători de sarcină, 6 sudori, 1 maistru sau inginer pe fiecare schimb).

— Montarea chesoanelor se execută cu două macarale ZB — 45 cu un efectiv de 20 lucrători timp de 15 zile. Transportul chesoanelor la punctul de lucru se face cu un tractor cu remorcă și o automacara K — 51.

— Execuția învelitorii se face manual cu o echipă formată din 14 muncitori și durează 30 zile.

— Montarea peretelui metalic și a geamurilor reclamă 2 macarale ZB — 45 și o echipă de 10 lucrători (8 lăcătuși și 2 geamgii) timp de 30 zile.

— Săpăturile din interiorul halei (600 m^3) se realizează manual cu o echipă de 30 muncitori în 10 zile.

— Lucrările de canalizare între cotele (— 2 m ÷ 6,95 m) însumează 516 m^3 beton armat și 4 460 m^2 cofraje.

Dacă lucrările se execută în paralel atunci forța de muncă se cifrează la 40 muncitori.

---

* Problemele 25, 26, 27 au fost prelucrate după o serie de proiecte realizate la TEM și după A. Măcriș. Metoda CPM — 1965.

Scanned with OKEN Scanner

— Fundațiile pentru 3 turbine de 38,5 MW fiecare se realizează în 115 zile. Decalajul între atacul celei de a doua fundații față de prima să fie de 20 zile.

Începerea lucrărilor la fundația treia se face cu 30 zile mai tîrziu față de demararea lucrărilor la fundația a doua. Efectivul de lucrători necesari realizării fundațiilor este de 155 muncitori (20 fierari betoniști, 40 dulgheri, 40 betoniști, 40 lăcătuși și sudori, 15 zidari).

Restricția impusă realizării fundațiilor la termenul planificat constă în asigurarea a 8 m^3 beton/h de către conducerea șantierului.

— Finisarea halei implică o echipă de 40 zidari, care lucrează timp de 30 zile.

— Lucrările la corpurile anexă reclamă 130 muncitori timp de 120 zile.

— Coșurile se execută de 60 muncitori în 60 zile.

— Utilajele tehnologice necesare executării unei asemenea lucrări cuprind următoarele elemente: 4 excavatoare, E-505, echipate cu vibrosondă berbec de 3,6 tone și macara pentru baterea piloților, 2 tractoare KD și periodic special, 2 macarale ZB-45, 3 seturi de glisare, 4 macarale fereastră, 1 buldozer, 3 macarale pentru mortar, 15 vibratoare, 2 maiuri mecanice, 5 buncăre de beton, 10 aparate de sudură electrică, 2 aparate de sudură autogenă, 1 fierăstrău circular, 3 bormașini electrice și betoniere pentru asigurarea unei capacități de 10 m^3/h.

Duratele operațiilor și marjele de timp se pot urmări în tabelul 31. Graful rețea de realizare a montajului centralei electrice după metoda drumului critic se poate urmări în figura 11. Graficul calendaristic privind eșalonarea în timp a lucrărilor este prezentat în figura 12. În figura 13 se poate urmări graficul forțelor de muncă pe meserii, funcție de numărul zilelor efective necesare realizării obiectivului energetic. Din graficul figurii 13 rezultă că durata de lucru este 210 zile.

Numărul maxim de lucrători ce se folosesc timp de 50 zile consecutive este de 360 muncitori. În restul timpului numărul de lucrători variază între minimum 20 la începutul lucrărilor și 250 pe durata de 110 zile din parcursul desfășurării montajului.

Problema 26

Metoda drumului critic aplicată la realizarea unui nod hidraulic

Datele problemei:

— Nodul hidraulic cuprinde o serie de lucrări din care nodul de presiune (tunelul de aducțiune — 5 m diametru, castelul de apă și puțul forțat cu diametrele egale cu 4,1 m) dictează durata drumului critic în graf.

— Lucrările se execută în serie cînd marjele de timp sînt zero și se realizează în paralel cînd nu condiționează durata critică de realizare a obiectivului.

— Datele de calcul care au servit la întocmirea grafului rețea (fig. 60) se pot urmări în tabelul 33.

— Operațiile luate în calculul grafului calendaristic sînt cele prevăzute în diagrama figurii 14.

Cu datele din tabelul 32 s-a realizat graful rețea din figura 15 în care a fost trasat drumul critic pe traseul (0—1—3—5—6—7—8—10—12—13—14—15—16—18—20—21—22—23—24—25—29).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 31

Numărul operațiilor	Operații condiționate	Durata operației în zile	t_i^0 ; t_j^0 drumul critic	Momentul întîrziat t_j^1 zile	Marja de timp zile
0	1	2	3	4	5
1	2 5	10	0 — 10*	30 — 10 = 20	5
2	3	10	10 — 20	35 — 20 = 15	10
3	4	25	20 — 45	50 — 20 = 35; 65 — 10 = 55	10
4	12 50 51	10	45 — 55	65	10
5	9	20	10 — 30	45 — 10 = 35	5
6(0)	7 8	10	0 — 10*	20 10	0
7	9	15	10 — 25	45 — 10 = 35	10
8	9	25	10 — 35*	45 — 10 = 35	0
9	10 11	10	35 — 45*	55 45	0
10	12 50 51	10	45 — 55	65	10
11	12 50 51	20	45 — 65*	(70 — 5) 90 150	0
12	13 16	5	65 — 70*	105 70	0
13	14	20	70 — 90	140 — 15 = 125	35
14	15 15	15	90 — 105	170 — 30 = 140	35
15	28	30	105 — 135	175 — 5 = 170	35
15′	28	30	105 — 135	175 — 5 = 170	35
16	17 18 19 22	10	70 — 80*	125 — 15 = 110	0
17	21	10	80 — 90	145 — 20 = 125	35
18	20	15	80 — 95	145 — 20 = 125	30
19	21	20	80 — 100	180 — 35 = 145	45
20	21	20	95 — 115	180 — 35 = 145	30
21	49	35	115 — 150	210 — 30 = 180	30
22	23	3	80 — 83*	87 — 4 = 83	0
23	24	4	83 — 87*	90 — 3 = 87	0

* Drumul critic în graful din figura 11.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 31 (continuare)

0	1	2	3	4	5
24	25	3	87—90*	100 — 10 = 90	0
25	26 27 30	10	90—100*	103 — 3 = 100	0
26	28	30	100—130	175 — 5 = 170	40
27	28	15	100—115	175 — 5 = 170	55
28	29	5	135—140	210 — 20 = 190	35
29	46	15	140—155	107 — 4 = 103	0
30	31	3	100—103*	110 — 3 = 107	0
31	32	4	103—107*	120 — 10 = 110	0
32	33	3	107—110*	123 — 3 = 120	0
33	34 35 38	10	110—120*	175 — 5 = 170	20
34	36	30	120—150	175 — 5 = 170	35
35	36	15	120—135	190 — 15 = 175	20
36	37	5	150—155	210 — 20 = 190	20
37	47	15	155—170	127 — 4 = 123	0
38	39	3	120—123*	130 — 3 = 127	0
39	40	4	123—127*	140 — 10 = 130	0
40	41	3	127—130*	170 — 30 = 140	0
41	42 43	10	130—140*	175 — 5 = 170	0
42	44	30	140—170*	175 — 5 = 170	15
43	44	15	140—155	190 — 15 = 175	0
44	45	5	170—175*	210 — 20 = 190	0
45	48	15	175—190*	210	0
46	52	20	155—175	210	35
47	52	20	170—190*	210	20
48	52	20	190—210	210	0
49	52	30	150—180	210	30
50	52	120	65—85	210	25
51	52	60	65—125	210	85
52	0	0	210—210*	210	0

* Drumul critic în graful din figura 11.

Scanned with OKEN Scanner

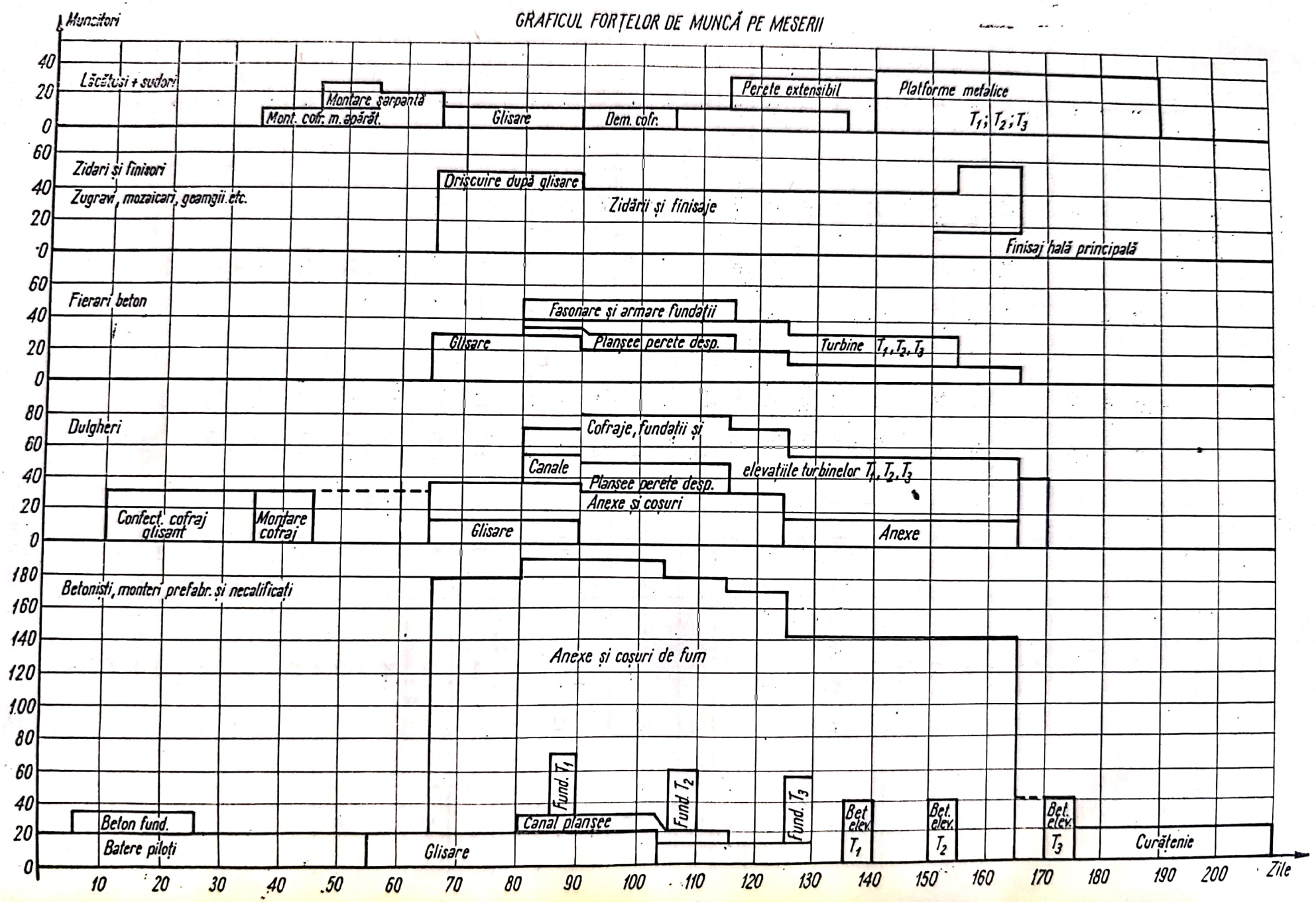


Fig. 13

Scanned with OKEN Scanner

Nr. de ord. operații	DENUMIREA OPERAȚIEI	Durata în zile
1	Escavarea la casa vanelor, lărgire	30
2	Perioda totală, escavare și betonare	99
3	Montare Tr42, montare și betonare 1R	10
4	Demontare instalații de montaj(troliu)	10
5	Betonare CV. 1R și în același timp blindajul pe obiective	35
6	Blindajul aducțiunii	35
7	Escavarea racordului	40
8	Introducerea armăturilor	10
9	Montare blindaj și armături posibile	120
10	Gamagrafiere suduri	15
11	Montare resturi de armături beton	15
12	Betonarea blindaj	15
13	Injecții puț forțat la CV.	90
14	Timp pentru priza de beton	45
15	Injecții la casa vanelor	45
16	Finisaje la puțul forțat	60
17	Preschimbarea vanei	119
18	Montajul vanei	175
19	Excavații dop castel 20 m	45
20	Betonare castel 20 m și blindaj	60
21	Injecții la racord	31
22	Finisaje la racord și montaj	30
23	Betonări rest castel 19 m	45
24	Operații la canalele interioare castel	45
25	Injecții la blindaj castel	45
26	Injecții rest castel 19 m	15
27	Finisaje blindaj montaj castel, inel sudură dopuri	15
28	Finisaje construcții și demontare, instalație construcții	15
29	Construcții aeriene, castel echilibru	0

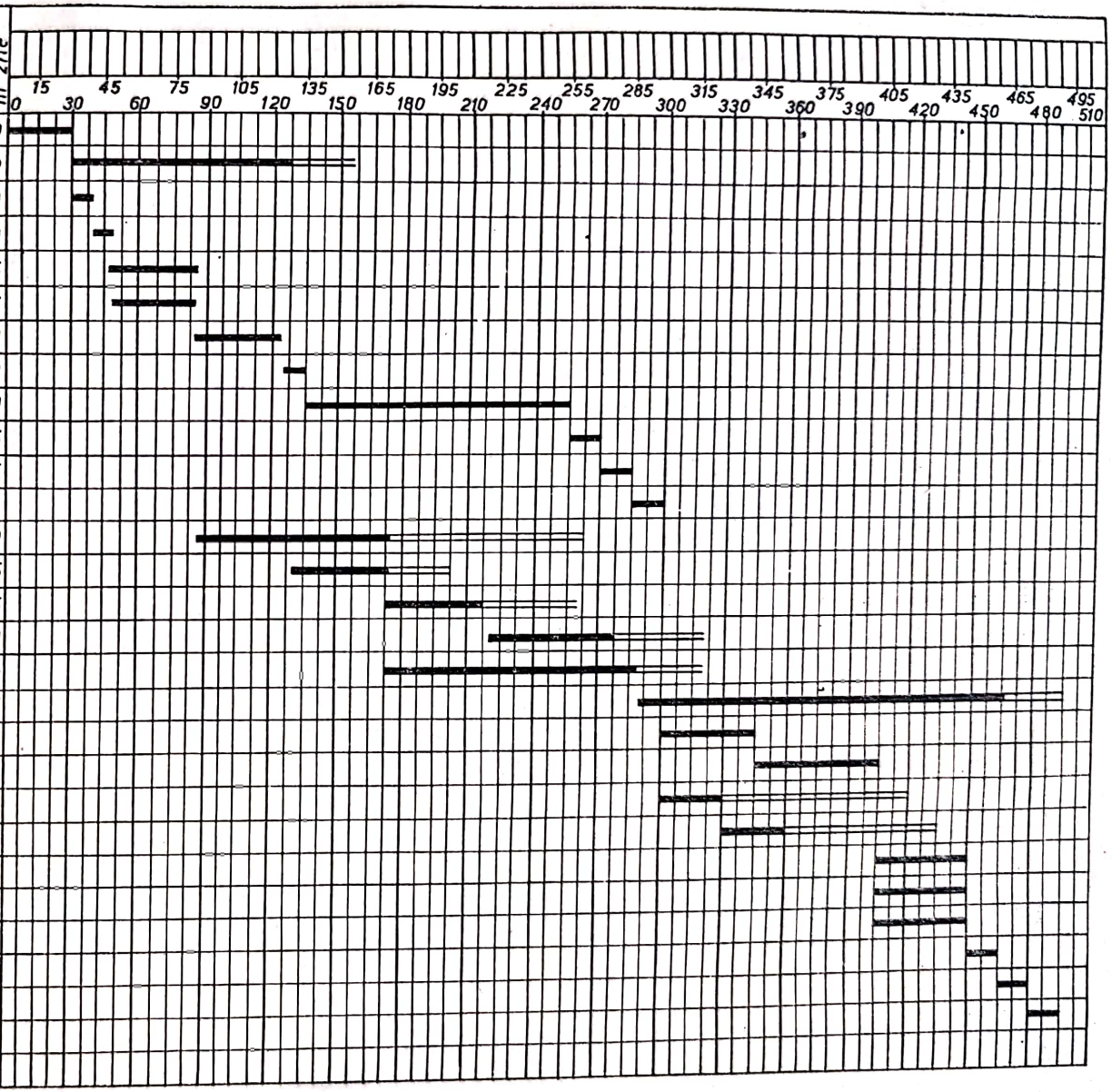


Fig. 14

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 32

Numărul operațiilor	Operații condiționate	Durata operației în zile	t_i^0 și t_j^0 drum critic	Momentul întîrziat de terminare t_j^l	Operațiile critice
1(0)	2; 3	30	0—30	156 — 99 = 57 40 — 10 = 30	0
2	4	99	30—129	201 — 45 = 156	—
3	4	10	30—40	50 — 10 = 40	0
4	5;6;7;13	10	40—50	125 — 40 = 85 85 — 35 = 80	
5	7 13	35	50—85	125 — 40 = 85	—
				260 — 90 = 170	
6	7 13	35	50—85	260 — 90 = 170 125 — 40 = 85	0
7	8	40	85—125	135 — 10 = 125	0
8	9	10	125—135	255 — 120 = 135	0
9	10	120	135—255	270 — 15 = 255	0
10	11	15	255—270	285 — 15 = 270	0
11	12	15	270—285	300 — 15 = 285	0
12	19; 21	15	285—300	345 — 45 = 300	0
13	16	90	85—175	420 — 31 = 389	—
14	15; 17	45	120—174	260	—
15	16	45	174—219	320 — 119 = 201 260 — 45 = 215	—
16	18	60	219—279	320 — 60 = 260	—
17	18	119	174—293	320	—
18	29	175	293—468	495 — 175 = 320	—
19	20	45	300—345	495	0
20	23;24;25;26	60	345—405	405—60 = 345	0
21	22	31	300—331	450 — 45 = 405	—
22	26	30	331—361	450	—
23	26	45	405—450	450	—
24	26	45	405—450	450	—
25	26	45	405—450	465 — 15 = 450	0
26	27	15	450—465	465 — 15 = 450	0
27	28	15	465—480	495 — 15 = 480	0
28	29	15	480—495	495	0
29	0	0	495—495	495	0

Scanned with OKEN Scanner

Scurtarea duratei de execuție a nodului de presiune se poate face prin micșorarea duratelor operațiilor de pe tronsonul „montajul blindajului și al armăturilor aferente". Această acțiune este posibilă numai prin mărirea volumului de resurse necesare executării lucrării pe tronsonul luat în discuție.

Durata totală de realizare a obiectivului energetic este de 510 zile așa cum rezultă din graficul figurii 15.

Problema 27

Metoda drumului critic aplicată la executarea unei stații de 110 kV

Caracteristicile instalației electrice:

— Tensiunile stației 110/20/6 kV;

— Transformatoarele au puterea de (2×20) MVA;

— Schema cu bare duble pe 110 kV și cu număr variat de celule pe 110 kV și 20/6 kV;

— Pe partea de 110 kV sînt prevăzute 6 celule din care 3 celule de linie, 2 celule de transformator și o celulă de măsură;

— Pe partea de 6/20 kV există 29 celule din care 22 celule pe 6 kV cu bare duble și 7 celule pe 20 kV cu bare simple. Celulele sînt din prefabricate deschise de tip interior;

— Comanda și protecția stației exterioare sînt centralizate într-o cameră de comandă alimentată de la o baterie de 48 V;

— Comanda și protecția liniilor de 6/20 kV sînt executate descentralizat din celule prevăzute în schemă;

— Întrerupătoarele sînt acționate cu aer comprimat;

— Tehnologia de montaj cuprinde 112 operații, fiecare se poate executa în unități de timp exprimate în zile;

— Datele de calcul se dau în tabelul 33.

Pa baza datelor din tabelul 33 și a listei operațiilor din cadrul procesului tehnologic s-a întocmit graful din figura 16 și s-a trasat graficul calendaristic de eșalonare a montajului stației de 110/20/6 kV.

Restricțiile impuse ordinii montării diverselor elemente ale stației se formulează astfel:

— Montarea barelor derivație la 110 kV se face după pozarea aparatelor;

— Încercările de aparataj se fac după terminarea operațiilor, inclusiv vopsitul;

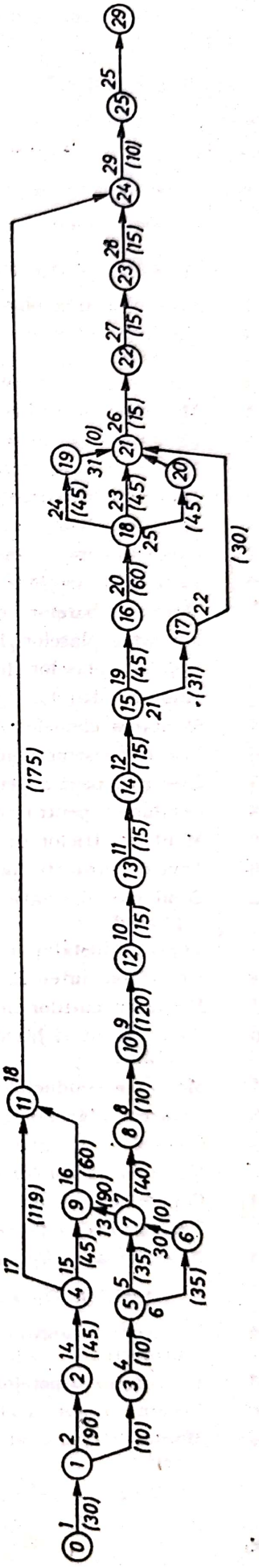


Fig. 15

Tabelul 33

Nr. crt.	Denumirea operației	Valori/buc.		Cantitate	Total zile
		Nr. oameni	ore		
0	1	2	3	4	5
	A. STAȚIA DE 110 KV				
1	Confecționarea planșelor de protecție.	3	4,35	200	16
2	Confecționat și montat construcții metalice.	3	0,36	1000	15
3	Montarea întrerupătoarelor de 110 kV.	5	214	5	27
4	Montarea separatoarelor de 110 kV.	7	23,10	16	19
5	Montarea transformatoarelor de tensiune.	5	9	6	2
6	Montarea transformatoarelor de curent.	5	9	15	4
7	Montarea descărcătoarelor 35 și 110 kV.	3	15	5	3
8	Montarea disp. de acționare separatoare.	2	8	23	14
9	Confecționarea transmisiilor mecanice.	3	0,42	115	2
10	Lanțuri de izolatoare de 110 kV.	4	3,60	69	8
11	Montarea barelor generale.	4	1,25	270	11
12	Montarea plaselor de protecție.	3	0,36	52	7
13	Vopsirea plaselor de protecție.	1	0,56	200	14
14	Montarea barelor derivații.	4	0,90	610	17
15	Montarea clemelor de racord borne.	1	0,25	165	5
16	Vopsit construcții metalice.	1	0,08	1110	12
17	Electrozi pentru priza de pământ.	5	1,75	40	2
18	Conductor pentru priză.	2	1,90	565	67
19	Montarea tijelor de paratrăznet.	6	5,20	6	1
20	Țevi de protecție pentru conductor p.p.	4	1	81	3
22	Conductor derivație pentru legare pământ.	3	1,20	243	12
23	Vopsirea instalației de legare la pământ.	1	0,08	243	3
24	Desfacerea iutei de pe cabluri	1	0,06	5720	43
25	Montarea cutiilor de cleme.	4	7	5	1
26	Confecționat și montat console pentru cabluri.	3	0,36	2000	30
27	Montarea conductelor de aer comprimat.	3	1,60	300	24
28	Pozarea cablurilor de circuite secundare.	7	0,14	5720	15
29	Conductor de legare la pământ în canal.	3	1,20	250	13
30	Vopsirea consolelor și cablurilor.	1	0,06	8000	66
31	Capete terminale în stația de 110 kV.	2	1,63	500	29
32	Legarea firelor la cleme.	2	0,20	2000	18
33	Executarea manșoanelor de înnădire.	2	4	10	3
	B. CAMERA DE COMANDĂ				
34	Montarea panourilor de comandă și protecție.	3	12	26	13
35	Executarea capetelor terminale.	2	1,63	270	28
36	Legarea firelor la cleme.	2	0,16	1250	13
37	Montarea aparatelor de măsură, contoare, relee.	2	0,60	350	12

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 33 (continuare)

0	1	2	3	4	5
38	Legături la aparate.	2	0,35	350	8
39	Încercările tablourilor de joasă tensiune.	1	6	2	1
41	Montarea redresorului cu seleniu.	4	2	1	1
	C. INSTALAȚIA DE AER COMPRIMAT				
43	Montarea compresoarelor.	7	12	2	1
44	Montarea rezervoarelor tampon.	6	10	4	1
45	Montarea reductoarelor de presiune.	2	4	2	1
46	Montarea supapelor de siguranță	1	0,6	6	1
47	Montat și vopsit conducte intermediare.	3			3
48	Montarea manometrelor.	2	2	6	1
49	Încercarea compresoarelor.	2	22	1	2
50	Încercarea conductelor, în stația de 110 kV.	3	0,40	300	5
51	Vopsirea conductelor în stația 110 kW.	1	0,16	300	6
	D. ÎNCERCĂRI ÎN STAȚIA 110 kV				
52	Încercarea transformatoarelor de măsură.	2	8	23	12
53	Încercările întrerupătoarelor IUP — 110 kV.	2	32	5	16
54	Încercările descărcătoarelor DRVS.	2	6	5	2
55	Încercările contoarelor de descărcătoare.	2	1	3	1
56	Încercările barelor în stația 110 kV.	2	2	6	1
	E. STAȚIA DE 6—12 kV				
57	Montarea celulelor prefabricate.	4	25	30	23
58	Montarea conductelor de aer comprimat.	3			12
59	Încercarea conductelor de aer comprimat.	3	0,40	105	2
60	Vopsirea conductelor din stația 6—15 kV.	1	0,16	105	2
61	Montat aparate de măsură, contoare, rețele la celule.	2	0,60	280	9
63	Încercările aparatelor de măsură și releelor.	2	3	280	36
62	Legături la aparate.	2	0,35	280	6
64	Montat izolatori de trecere la celule.	4	1,50	153	7
65	Montat bare colectoare 6—15 kV.	5	1,15	947	27
66	Montat întrerupătoare 2500 A	3	29	3	4
67	Capete terminale cable circuite secundare	2	1,63	130	13
68	Legarea firelor la cleme.	2	0,20	600	8
69	Construcții metalice pentru bare întoarcere.	3	0,36	150	3
70	Table despărțitoare la bare întoarcere.	3	0,36	150	3
71	Montat izolatori suport SB-6.	4	0,65	51	1
72	Montarea barelor de întoarcere de 6 kV.	5	1,15	200	6
73	Vopsirea construcțiilor metalice și barelor.	1			7
74	Încercările celulelor de 6—15 kV.	2	80/40	30	138

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 33 (continuare)

0	1	2	3	4	5
75	Încercările cablurilor de circuite secundare.	2	0,085	275	2
76	Încercările aparatelor și releelor din camera de comandă.	2	3	450	26
77	Conductor de pămînt în stația de 6—15 kV.	3	1,20	80	4
78	Vopsirea instalației de legare la pămînt.	1	0,08	80	1
79	Încercarea instalației de legare la pămînt.	3	48	1	2
	F. SERVICII INTERNE				
80	Confecții metalice pentru bateria acumulatori.	3	0,36	60	1
81	Montarea izolatorilor RC-45 la baterie.	1	0,35	13	1
82	Montarea plăcii de trecere.	1	11	1	1
83	Montarea barelor rotunde de cupru.	2	1,4	8	1
85	Vopsirea consolelor și barelor.	1	0,08	60	1
87	Montarea bateriei de acumulatori.	2	32	—	2
88	Încercările bateriei de acumulatori.	3	432	1	18
	G. MONTAREA TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE				
89	Confecționarea pieselor elastice.	1	28	6	35
90	Montarea transformatoarelor de putere.	12	270	2	6
91	Montarea roților, radiatoarelor, conservator etc.	5	98	2	11
92	Dispozitiv de acționare comutator, izolator 110 kV.	3	42	2	5
93	Montat ventilatoare și accesorii.	3	16	2	2
94	Construcții metalice pentru pod bare.	3	0,36	1120	17
95	Montarea descărcătoarelor de 6—15 kV.	2	1,5	6	1
96	Montarea izolatoarelor HDS—10—20 kV.	3	0,7	72	2
97	Încercările transformatoarelor.	3	120	2	10
98	Încercările panourilor de comandă.	2	20	24	30
99	Montarea barelor 6—15 kV la trafo.	5	1,15	725	20
100	Vopsirea construcțiilor metalice pod bare.	1	0,08	1120	11
101	Vopsirea barelor 6—15 kV.	1	0,45	200	11
102	Vopsit armături izolatori HDS.	1	0,08	87	1
103	Încercarea barelor de 6—15 kV.	2	1	2	1
104	Montarea cablurilor de 15 kV la trafo.	7	0,8	240	4
105	Cutii terminale la cablurile de 15 kV.	2	11	30	20
106	Încercarea cablurilor de 15 kV.	2	4	10	3
107	Montarea bobinelor de stingere.	5	15	4	2
108	Pozarea cablurilor de serv. interne.	5	0,3	80	1
109	Cutii terminale la cablurile serv. interne.	2	3,11	8	4
110	Încercările cablurilor de serv. interne	2	1	10	1
111	Încercările bobinelor de stingere.	2	6	2	1
112	Proba de 72 ore.	9	216	1	3

Scanned with OKEN Scanner

— Priza de pămînt se va executa după montarea aparatajului pentru ca șanțurile în care se pozează conductoarele prizei să nu împiedice manipularea pieselor grele;

— Montarea conductelor de aer comprimat să se facă odată cu pozarea cablurilor pentru circuitele secundare;

— Legarea aparatelor din camera de comandă se execută concomitent cu montarea capetelor terminale și prinderea lor la șirul de cleme;

— Încercările aparatelor se execută după terminarea conexiunilor din camera de comandă;

— La montarea instalației pentru serviciile interne s-a avut în vedere ca montajul și încercarea redresorului să se facă cu prioritate.

Pentru elaborarea grafului rețea s-a ținut seama și de restricțiile tehnologice impuse de proiectul de execuție la toată instalația electrică și mecanică a stației.

Rezolvarea problemei s-a făcut în trei variante (tabelul 34) și anume:

I. S-a stabilit drumul critic fără a se interveni la nivelul duratelor operațiilor tehnologice. Durata totală maximă de realizare a instalațiilor pe drumul critic a rezultat egală cu 219 zile pe traseul (57, 64, 65, 67, 68, 74, 112).

Din analiza operațiilor de pe drumul critic a rezultat că durata lucrărilor de montaj este determinată de operația 74 (încercările celulelor de 6—20 kV), care dura 138 zile. Prin dublarea echipelor de încercări și prin efectuarea în paralel a probelor rezultă o durată de montaj mai mică cu 24 zile față de prima variantă de montaj.

II. Durata de montaj în varianta îmbunătățită era de 195 zile, realizată pe drumul critic (2, 4, 8, 28, 31, 32, 76, 98, 112).

Analizînd noul drum critic s-a observat că se pot reduce duratele operațiilor 2, 31 și 76 dacă se prevăd două echipe care să lucreze în paralel. Prin acest procedeu drumul critic și-a schimbat traseul și a cuprins operația 24.

Prin dublarea echipei, la operația 24 s-a obținut reducerea la jumătate a timpului în care se efectua această operație.

III. Varianta a treia de montaj prevede o durată totală pentru drumul critic de 150 zile realizată pe traseul următoarelor operații (57, 64, 65, 67, 68, 74, 112).

Deși operațiile sînt cele din varianta I, ele au o durată mult mai mică, ceea ce duce la o economie de timp de (219—150) = 69 zile.

Graful rețea și graficul calendaristic de montaj pentru stația electrică de 110/20/6 kV se pot urmări pe figurile (16-17).

Problema 28

Programarea lucrărilor de montaj a unui tronson al unei linii electrice aeriene de 400 kV

1. Se consideră un tronson al unei linii electrice aeriene de 400 kV, de lungime 5 km (12 stîlpi de susținere tip PASS și 1 stîlp de întindere tip PIN).

Pentru montajul stîlpilor acestui tronson, unitatea de montaj dispune de un efectiv de 25 muncitori liniori, iar termenul planificat pentru realizarea lucrărilor de montaj al tronsonului LEA 400 kV este de 28 zile.

În tabelul 35 sînt menționate datele de calcul pentru duratele de execuție a lucrărilor de montaj și necesarul de forță de muncă aferentă fiecărei lucrări, precum și condiționările tehnologice ale lucrărilor.

2. Programarea lucrărilor de montaj prin metoda PERT/timp, resurse.

Scanned with OKEN Scanner

Rezultatele de calcul se pot urmări în tabelul 34.

Tabelul 34

Nr. oper.	Operații condiționate	Durata zile	t_i^0 și t_j^0 Marcarea d.c.	Momentul întîrziat de terminare	t_i^0 și t_j^0 Marcarea d.c.	Momentul întîrziat de terminare
0	1	2	3	4	5	6
1 (0)	12	36	0—36	195	0—36	126
2 (0)	3, 4, 5, 6, 7	15 (8)	0—15	39	0—8	10
3	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	27	15—42	72	8—35	43
4	8, 9	19	15—34	58	8—27	29
5	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	2	15—17	72	8—10	43
6	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	4	15—19	72	8—12	43
7	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	3	15—18	72	8—11	43
8	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	14	34—48	72	27—41	43
9	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	2	34—36	72	27—29	43
10 (0)	11	8	0—8	61	0—8	32
11	12, 14, 16, 17, 27, 28, 29	11	8—19	72	8—19	43
12	13	7	48—55	202	41—48	133
13	112	14	55—69	216	48—62	147
14	15	17	48—65	165	41—58	96
15	52, 53, 54	5	65—70	170	58—63	101
16	52, 53, 54	12	48—60	170	41—53	101
17	18	2	58—50	132	41—43	63
18	22	67	50—117	199	43—110	130
19 (0)	22	1	0—1	199	0—1	130
20 (0)	22	3	0—3	199	0—3	130
22	23	12	117—129	211	110—122	142
23	79	3	129—132	214	122—125	145
24 (0)	27, 28, 29	43 (22)	0—43	72	0—22	43
25 (0)	27, 28, 29	1	0—1	72	0—1	43
26 (0)	27, 28, 29	20	0—30	72	0—30	43
27	50	24	48—72	180	41—65	96
28	30, 31, 33	15	48—63	87	41—56	58
29	30, 31, 33	13	48—61	87	41—59	58
30	79	66	63—129	214	56—122	145
31	32	29 (15)	63—92	116	56—71	73
32	75, 76	18	92—110	134	71—89	91
33	75, 76	3	63—66	134	56—59	91
34 (0)	35, 37, 39, 41	13	0—13	93	0—13	50
35	36	28	13—14	121	13—41	78
36	75, 76	13	41—54	134	41—54	91

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 34 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
37	38	12	13—25	126	13—25	83
38	75, 76	8	25—33	134	25—33	91
39	88	1	13—14	168	13—14	99
41	88	1	13—14	168	13—14	99
43 (0)	46, 47, 48	1	0—1	71	0—1	71
44 (0)	46, 47, 48	1	0—1	71	0—1	71
45 (0)	46, 47, 48	1	0—1	71	0—1	71
46	49	1	1—2	74	1—2	74
47	49	3	1—4	74	1—4	74
48	49	1	1—2	74	1—2	74
49	50, 59	2	4—6	76	4—6	76
50	51, 52, 53, 54	5	72—77	185	65—70	101
51	112	6	77—83	216	70—76	147
52	56, 98	12	77—89	186	70—82	117
53	56, 98	16	77—93	186	70—86	117
54	55	2	77—79	185	70—72	116
55	56, 98	1	79—80	186	72—73	117
56	112	1	93—94	216	86—87	147
57 (0)	58, 61, 64, 66, 69, 77	23	**0—23**	23	**0—23**	23
58	59	12	23—35	76	23—35	76
59	60, 74, 75, 76	2	35—37	78	35—37	78
60	112	2	37—39	216	37—39	147
61	62	9	23—32	72	23—32	72
62	63, 75, 74, 76	6	32—38	78	32—38	78
63	112	36	38—74	216	38—74	147
64	65	7	**23—30**	30	**23—30**	30
65	67	27	**30—57**	57	**30—57**	57
66	67	4	23—27	57	23—27	57
67	68	13	**57—70**	70	**57—70**	70
68	74, 75, 76	8	**70—78**	78	**70—78**	78
69	70	3	23—26	61	23—26	61
70	71	3	26—29	64	26—29	64
71	72	1	29—30	65	29—30	65
72	73	6	30—36	71	30—36	71
73	74, 75, 76	7	36—43	78	36—43	78
74	112	138 (69)	**78—216** (147)	216	**78—147**	147
75	98	2	110—112	186	89—91	117

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 34 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
76	98	52 (26)	110—162	186	89—115	117
77	78	4	23—27	213	23—27	144
78	79	1	27—28	214	27—28	145
79	112	2	132—134	216	125—127	147
80 (0)	81, 82	1	0—1	163	0—1	94
81	83	1	1—2	164	1—2	95
82	83	1	1—2	164	1—2	95
83	85	1	2—3	165	2—3	96
85	87	1	3—4	166	3—4	97
87	88	2	4—6	168	4—6	99
88	98	18	14—32	186	14—32	117
89 (0)	99	35	0—35	184	0—35	113
90 (0)	91	6	0—6	158	0—6	89
91	92	11	6—17	169	6—17	100
92	93	5	17—22	174	17—22	105
93	97	2	22—24	176	22—24	107
94 (0)	95, 96	17	0—17	175	0—17	106
95	97	1	17—18	176	17—18	107
96	99	2	17—19	184	17—19	115
97	98	10	24—34	186	24—34	117
98	112	30	162—192	216	115—145	147
99	100, 101, 102	20	35—55	204	35—55	135
100	103	11	55—66	215	55—66	146
101	103	11	55—66	215	55—66	146
102	103	1	55—56	215	55—56	146
103	112	1	66—67	216	66—67	147
104 (0)	105	4	0—4	193	0—4	124
105	106	20	4—24	213	4—24	144
106	112	3	24—27	216	24—27	147
107 (0)	109, 111	2	0—2	208	0—2	142
108 (0)	109, 111	1	0—1	208	0—1	142
109	110	4	2—6	212	2—6	146
110	112	1	6—7	216	6—7	147
111	112	1	2—3	216	2—3	147
112	113	3	216—219 (192—195)	219	147—150	150

Scanned with OKEN Scanner

2.1. *Calculul duratei celei mai probabile de execuţie a lucrării, τ.*

$$\tau = \frac{t_0 + 4t_m + t_p}{6}$$

(Se admite o distribuţie statistică β, a celor trei valori ale duratei t_0, t_m, t_p, aceşti timpi fiind estimaţi de cadre tehnice competente din Trustul Electro-Montaj pe baza unor date statistice preluate din practică.)

Tabelul 35

Nr. crt.	Denumirea lucrării	Simbolul lucrării	Condiţionări tehnologice ale lucrărilor	Durata zile			Forţa de muncă necesară	Caracterul duratei lucrării
				t_0	t_m	t_p		
1	Săparea gropilor pentru fundaţia stîlpului tip PIN	SG	—	4	4	4	6	determinist
2	Transportul la pichet al materialelor pentru fundaţia stîlpului tip PIN	TM	—	1	2	3	4	probabil
3	Turnarea fundaţiei stîlpului de întindere	TF	SG, TM	2	2	2	6	determinist
4	Transportul elementelor stîlpului PIN la pichet	TS	—	1	2	3	6	probabil
5	Asamblarea stîlpului PIN	AS	TS, TF	4	4	4	8	determinist
6	Ridicarea stîlpului PIN	RS	AS	1	1	1	8	determinist
7	Transportul armăturilor şi izolatorilor stîlpului PIN	TAI	—	1	2	3	8	probabil
8	Montarea stîlpilor de susţinere	SS	—	12	13	20	15	probabil
9	Montarea armăturilor şi izolatorilor stîlpului de întindere	MAI	RS, TAI	1	1	1	8	determinist
10	Întinderea conductorilor activi şi de protecţie	IC	SS	1	2	3	8	probabil
11	Montarea distanţierelor şi antivibratoarelor la stîlpii PASS	DA	IC	5	5	5	10	determinist
12	Montarea prizelor de punere la pămînt la stîlpul PIN	PP	RS	2	2	2	8	determinist
13	Vopsirea stîlpului de întindere	VS	DA, PP	4	4	4	3	determinist

NOTĂ: PASS — stîlp portal ancorat susţinere special;
PIN — stîlp portal întindere normal.

Scanned with OKEN Scanner

În tabelul 36 sînt menționate valorile cele mai probabile ale duratelor lucrărilor și dispersiile acestor durate:

Tabelul 36

Nr. crt.	Lucrarea	τ zile	Dispersia
1	SG	4	0
2	TM	2	1/9
3	TF	2	0
4	TS	2	1/9
5	AS	4	0
6	RS	1	0
7	TAI	2	1/9
8	SS	14	16/9
9	MAI	1	0
10	IC	2	1/9
11	DA	5	0
12	PP	2	0
13	VS	4	0

Dispersiei duratei lucrării s-a utilizat relația:

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_0}{6}\right)^2$$

2.2. *Elaborarea graficului rețea și calculul termenelor evenimentelor*

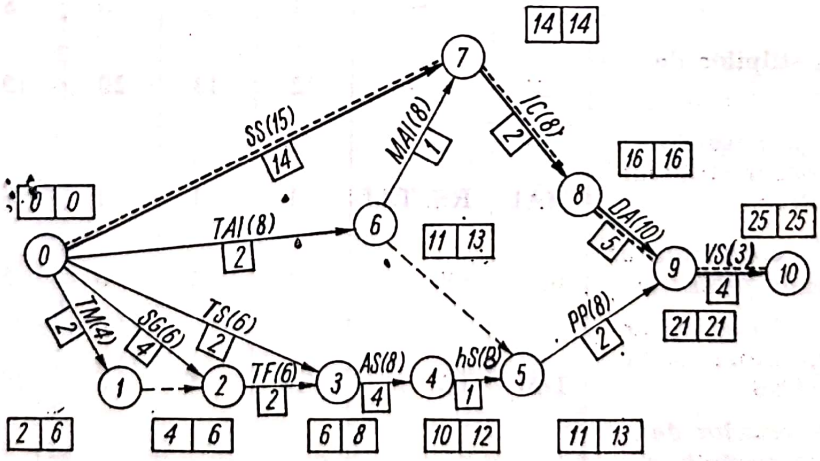


Fig. 18

2.3. *Programarea forței de muncă*

Graficul Gantt al programului minorant și histograma forței de muncă se pot urmări pe figurile (19—20).

Scanned with OKEN Scanner

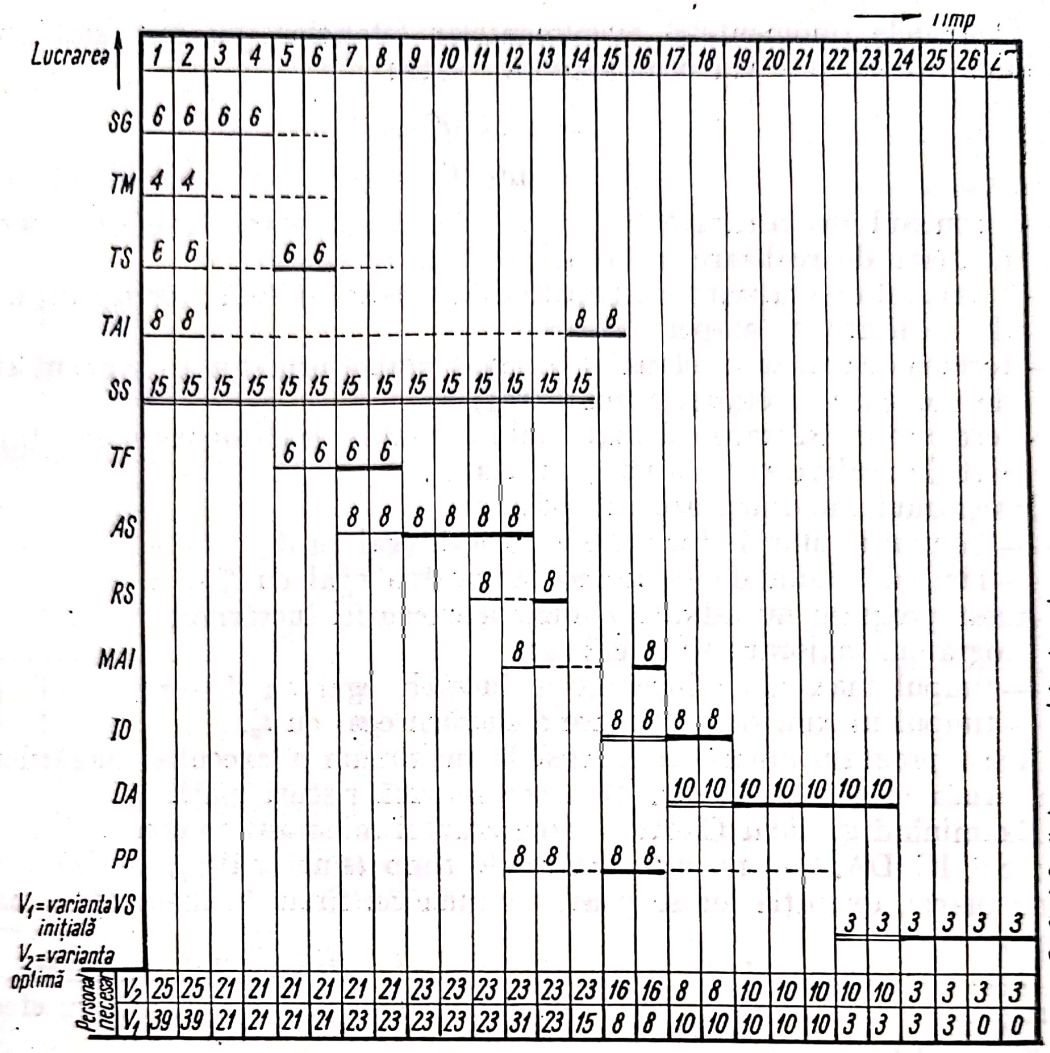


Fig. 19

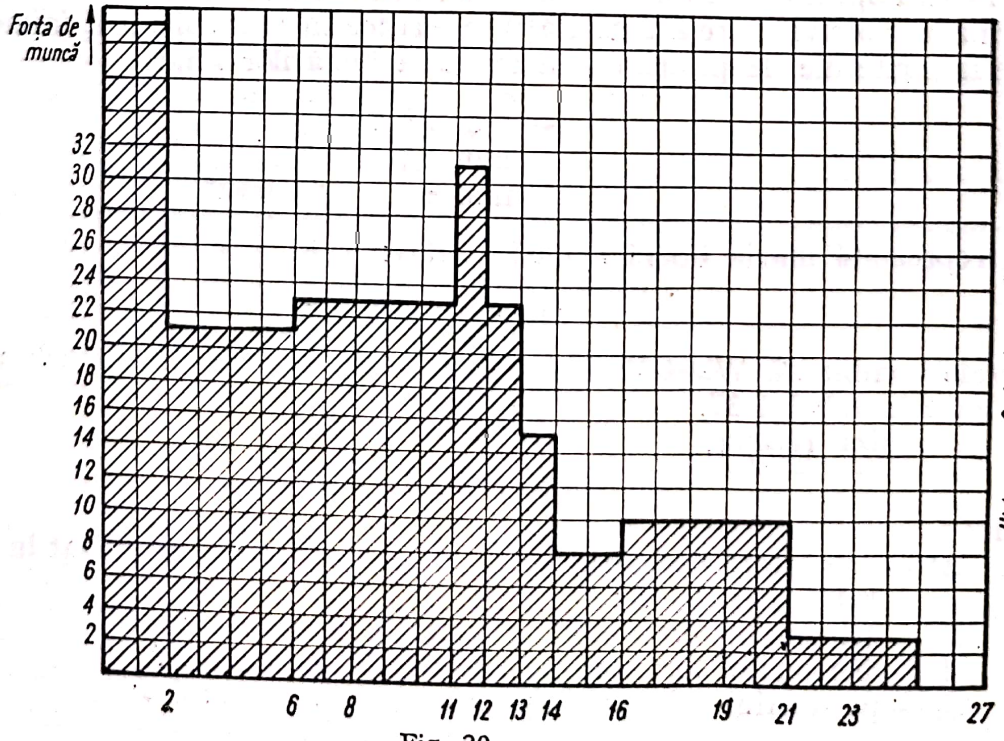


Fig. 20

Scanned with OKEN Scanner

Termenele (momentele) evenimentelor (etapelor) au fost stabilite prin metoda directă, pe baza următoarelor relaţii:

$$t_u^a = \max\ (t_i^a + \tau)$$
$$t_i^t = \min\ (t_u^t - \tau)$$

t_i^a — termenul de realizare cel mai devreme a etapei iniţiale (momentul avansat de realizare a etapei iniţiale);
t_i^t — termenul de realizare cel mai tîrziu a etapei iniţiale (momentul întîrziat de realizare a etapei iniţiale);
t_u^a — termen de realizare cel mai devreme a etapei următoare (moment avansat de realizare a etapei următoare);
t_u^t — termen de realizare cel mai tîrziu a etapei următoare (momentul întîrziat de realizare a etapei următoare).

Programul minorant are în vedere:
— Timpul minim de începere a lucrării egal cu t_i^a;
— Timpul minim de terminare a lucrării egal cu $t_i^a + \tau$.
Acest program nu admite amînarea execuţiei lucrărilor.
Programul majorant se referă la:
— timpul maxim de începere a lucrării egal cu $t_u^t - \tau$;
— timpul maxim de terminare a lucrării egal cu t_u^t.
Acest program admite amînarea la maximum a execuţiei lucrărilor, din care cauză este rar utilizat, deoarece implică riscuri mari.

Examinînd graficul Gantt al programului minorant se constată că lucrările: SS, IC, DA, VS, nu au rezerve de timp (sînt critice), celelalte lucrări avînd marje, execuţia lor se poate termina cel tîrziu în momentele marcate prin *.

Deoarece necesarul de personal depăşeşte disponibilul va trebui să se reprogrameze execuţia lucrărilor astfel încît să poată fi realizate cu efectivul de muncitori existenţi.

Pentru optimizarea forţei de muncă se va utiliza metoda combinată Wiest-Verhines, potrivit căreia activităţile necritice în graficul reţea iniţial se pot înseria, criteriile de prioritate în execuţia lucrărilor fiind:

— min M_T;
— min t_u^t;
— min τ.

M_T reprezintă marja liberă a unei lucrări:

$$M_T = t_u^t - t_i^a - \tau$$

Metoda combinată Wiest-Verhines este de tip secvenţial, calculele sînt centralizate în tabelul 37.
Se va utiliza relaţia:

$$\Delta i = D - A_i - S_i$$

unde:
Δi — reprezintă necesarul total de personal rămas neutilizat în momentul i (iteraţia i);
D — personalul disponibil al unităţii de montaj;
A_i — personalul încadrat în execuţie în momentul i;
S_i — personalul solicitat suplimentar în momentul i.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 37

Iterația

Nr. crt.	Lucrările care concură la programare	τ	t_i^d	t_i^t	M_T	Forța de muncă	Lucrarea care se programează
			Iterația 1				
1	SG	4	0	6	2	6	*
2	TM	2	0	6	4	4	*
3	TS	2	0	8	6	6	
4	TAI	2	0	13	11	8	
5	SS	14	0	14	0	15	*
	Total personal necesar					39	
	$\Delta_1 = 25 - 0 - 39 < 0$ Se programează: SS, SG, TM Se amînă: TS, TAI						
			Iterația 2				
1	TF	2	4	8	2	6	
2	TS	2	4	8	2	6	*
3	TAI	2	4	13	7	8	
	Total personal necesar					20	
	$\Delta_2 = 25 - 15 - 20 < 0$ Se programează TF sau TS; fie TS Se amînă: TF, TAI						
			Iterația 3				
1	AS	4	6	12	2	8	
2	TF	2	6	8	0	6	*
3	TAI	2	6	13	5	8	
	Total personal necesar					22	
	$\Delta_3 = 25 - 15 - 22 < 0$ Se programează TF Se amînă: AS, TAI						
			Iterația 4				
1	AS	4	8	12	0	8	*
2	TAI	2	8	13	3	8	
	Total personal necesar					16	
	$\Delta_4 = 25 - 15 - 16 < 0$ Se programează AS Se amînă TAI						
			Iterația 5				
1	RS	1	12	13	0	8	
2	TAI	2	12	14	0	8	
	Total personal necesar					16	
	$\Delta_5 = 25 - 15 - 16 < 0$ Se programează RS Se amînă TAI						

Scanned with OKEN Scanner

În continuare deplasarea spre dreapta a lucrărilor (înserierea) se realizează ușor pe graficul Gantt din figura 17.
S-au marcat prin linii groase lucrările reprogramate obținîndu-se astfel o aplatisare a histogramei forței de muncă.

Termenul final de realizare a lucrărilor a crescut însă cu două zile, dar este inferior termenului planificat.

2.4. *Elaborarea noului grafic rețea și calcul termenelor evenimentelor*

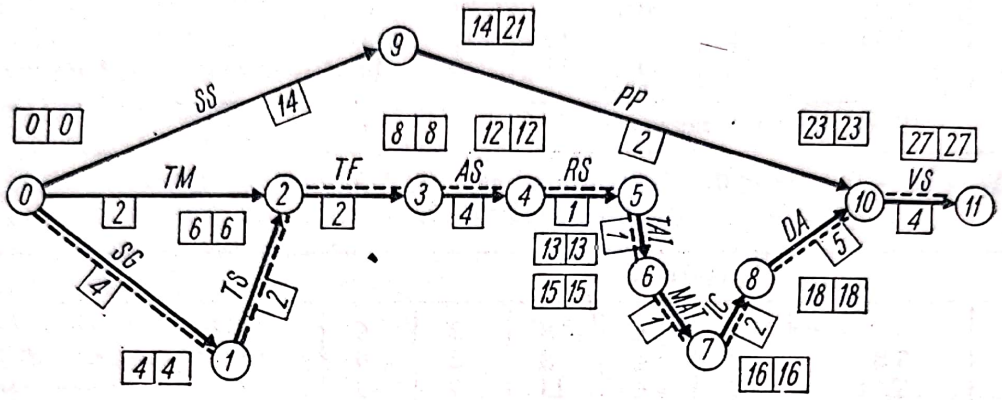


Fig. 21

Noul drum critic este: (DC): SG—TS—TF—AS—RS—TAI—MAI—IC—DA—VS.

Programul de execuție a lucrărilor a devenit mai puțin elastic. Numărul lucrărilor critice a crescut de la 4 la 10.

2.5. *Eficiența nivelării resurselor. Criteriul Burgess-Kielebrew.*

O variantă V_i realizează o mai bună aplatisare a utilizării resursei, față de o altă variantă V_j, dacă:

$$\Sigma r_i^2 t_i < \Sigma r_j^2 t_j \Rightarrow V_i P V_j \Rightarrow V_i = V_{optimă}$$

unde:

P — operatorul relației de preferință;
r — nivelul resursei;
t — timpul.

Pentru varianta inițială (V_1):

$$\Sigma r_1^2 t_1 = 39^2 \cdot 2 + 21^2 \cdot 4 + 23^2 \cdot 6 + 31^2 \cdot 1 + 15^2 \cdot 1 + 8^2 \cdot 2 + 10^2 \cdot 5 + 3^2 \cdot 4 = 9830.$$

Pentru varianta optimă (V_2):

$$\Sigma r_2^2 t_2 = 25^2 \cdot 2 + 21^2 \cdot 6 + 23^2 \cdot 6 + 16^2 \cdot 2 + 8^2 \cdot 2 + 10^2 \cdot 5 + 3^2 \cdot 4 = 8246$$

Deoarece,

$$\Sigma r_2^2 t_2 < \Sigma r_1^2 t_1 \text{ rezultă că } V_2 = V_{optimă}$$

întrucît realizează o mai bună aplatisare a histogramei forței de muncă.

Scanned with OKEN Scanner

2.6. *Calculul probabilității de realizare a lucrărilor la termenul planificat*

Probabilitatea de realizare a unui ansamblu de lucrări este dată de relația care exprimă funcția de distribuție a legii normale (fig. 22, *a*):

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

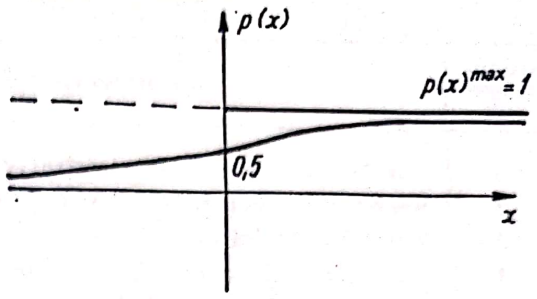


Fig. 22, *a*

x — reprezintă variabila redusă (factorul de probabilitate) și este exprimată de relația:

$$x = \frac{T - t_f}{\sqrt{\Sigma \sigma^2_{critic}}},$$

în care:

T reprezintă termenul planificat;
t_f — termenul final, rezultat din graficul rețea;
σ^2_{critic} — dispersia unei lucrări critice.

Mărimea $p(x)$ este menționată în tabelul 30 în funcție de variabila X.

Probabilitatea de realizare a ansamblului lucrărilor la termenul planificat este:

— pentru varianta 1:

$$x_1 = \frac{T - t_{f_1}}{\sqrt{(\Sigma \sigma^2_{cr})_1}} = \frac{28 - 25}{\sqrt{\frac{16}{9} + \frac{1}{9}}} = \frac{3 \cdot 3}{\sqrt{17}} = 2{,}18 \rightarrow p_1 = 0{,}985;$$

— pentru varianta optimă:

$$x_2 = \frac{T - t_{f_2}}{\sqrt{(\Sigma \sigma^2_{cr})_2}} = \frac{28 - 27}{\sqrt{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9}}} = \frac{3}{\sqrt{3}} = 1{,}73 \rightarrow p_2 = 0{,}958.$$

Problema 29*

Algoritmul drumului critic (DC) și algoritmul Bellman-Kalaba (BK) aplicate la construirea unei centrale hidroelectrice

În vederea aplicării algoritmilor „DC" și „BK" la construirea unei centrale hidroelectrice se consideră cunoscute duratele de realizare a operațiilor de montaj pentru lucrările prevăzute în tabelul 38.

Se urmărește construirea grafului din care să rezulte drumul critic ca durată maximă de montaj a centralei hidroelectrice. Se va aplica apoi algoritmul Bellman-Kalaba cu scopul comparării rezultatelor obținute pe cele două căi (DC și BK).

*) După O. Crișan. Optimizări decizionale în sistemul electroenergetic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 38

Numărul de operații	Denumirea operațiilor	Durata operațiilor (zile)
1	Lucrări cu caracter administrativ	10
2	Realizarea liniei de 110 kV pentru șantier	140
3	Montajul stației de 110 kV	100
4	Construirea drumului de acces la CHE și la baraj	150
5	Instalarea fabricii de beton	60
6	Organizarea balastierei	20
7	Organizarea bazei auto de transport	15
8	Transport utilaj excavație	10
9	Organizarea atelierelor	20
10	Instalarea batardelor	20
11	Construirea rețelei de alimentare cu apă potabilă	30
12	Forarea galeriei de deviere a rîului	60
13	Construirea barajului	340
14	Realizarea instalațiilor anexe la baraj	120
15	Amenajeri exterioare în zona barajului	60
16	Executarea captărilor secundare	280
17	Blindarea galeriilor	220
18	Excavarea și betonarea casei vanelor	130
19	Excavarea și betonarea castelului de echilibru	160
20	Amenajarea terasamentului conductei forțate	100
21	Montajul conductei forțate	120
22	Săpături și drenaje la centrala subterană	80
23	Fundația mașinilor	60
24	Canalizări apă, aer	30
25	Construirea părții CHE de la suprafața solului	60
26	Montajul echipamentului mecanic și electric auxiliar	60
27	Montajul țevilor și a pompelor de ulei	30
28	Instalații apă de răcire	60
29	Montajul vanelor principale și secundare	80
30	Montajul podului rulant	30
31	Montajul turbinelor	60
32	Montajul generatoarelor	100
33	Montajul aparatelor de comandă	20
34	Montarea transformatoarelor	40
35	Efectuarea probelor tehnologice	30
36	Realizarea canalului de fugă	330
37	Amenajarea terenului în zona CHE	60
38	Construirea locuințelor și a birourilor	200
39	Amenajeri auxiliare	90

Scanned with OKEN Scanner

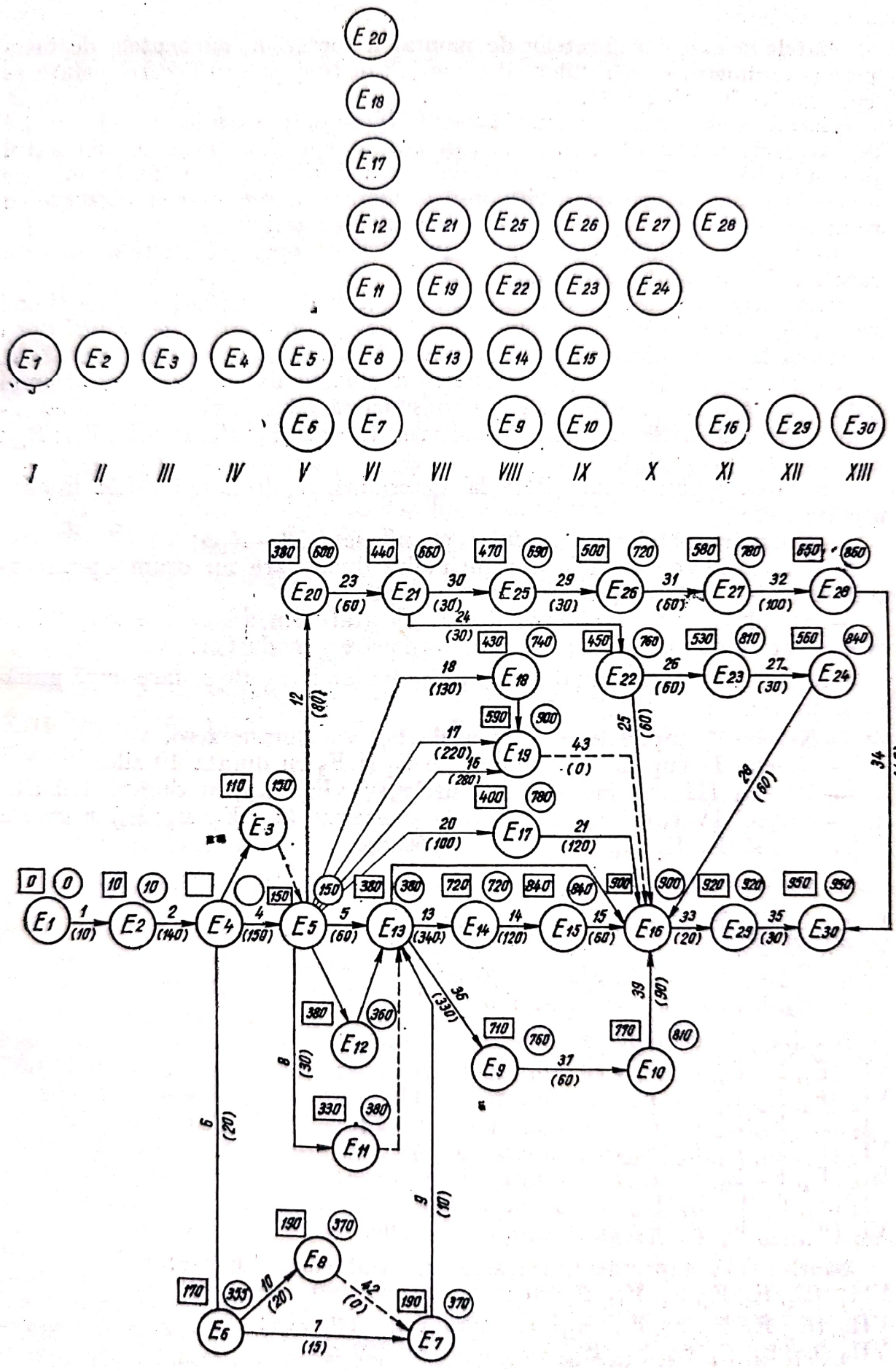

E20
E18
E17
E12
E21
E25
E26
E27
E28
E11
E19
E22
E23
E24
E1
E2
E3
E4
E5
E8
E13
E14
E15
E6
E7
E9
E10
E16
E29
E30
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII

Fig. 22, b

Datele de calcul a duratelor de montaj a lucrărilor, momentele de începere și terminare a operațiilor cît și marjele de timp pentru fiecare operație se pot urmări în tabelul 38.

Graful rețea pentru construirea unei CHE de putere medie se poate urmări pe diagrama figurii 22, *b*. În acest caz laturile reprezintă operațiile din cadrul programului de construcție a centralei iar nodurile exprimă fazele, în care ajung lucrările ca urmare a ritmului de lucru și a rezultatelor obținute cu resursele disponibile la nivelul fiecărui sector de activitate.

În vederea închiderii grafului s-au introdus operațiile fictive (40—43) care au durata egală cu zero.

Ordonarea grafului pe nivele după laturi și după noduri se face ținînd seama de incidența acestor elemente. Ordonarea grupurilor de noduri după incidența laturilor conduce la realizarea a 13 nivele în graful din fig. 22, *b*.

Durata totală avansată de realizare a obiectivului energetic pe drumul critic rezultă egală cu 950 zile după consumarea celui de-al treizecelea eveniment. Drumul critic cuprinde următorul traseu (E_1; E_2; E_4; E_5; E_{12}; E_{13}; E_{14}; E_{15}; E_{16}; E_{20}; E_{30}).

Aplicarea algoritmului (BK) la determinarea drumului critic implica următoarele:

— Ordonarea nodurilor grafului pe nivele (N_1 — N_{13});

— Luarea în considerație a principiului după care un drum optim cuprinde trasee optime (sau subdrumuri optime).

— Stabilirea celui mai lung drum din graf prin analizarea lanțului de evenimente de la nivelele (1—13) de ordonare a nodurilor.

Calcularea duratei de realizare a obiectivului energetic se face după următorul procedeu:

— Nivelul I cuprinde evenimentul (E_1) cu durata zero.

— Nivelul II cuprinde evenimentele E_1 și E_2 cu durata 10 zile.

— Nivelul III cuprinde evenimentele (E_1; E_2 ; E_3) cu durata 110 zile.

— Nivelul IV cuprinde două trasee și anume: (E_1; E_2; E_3; E_4) cu durata de 110 zile și (E_1, E_2, E_4) cu durata de 150 zile.

— Nivelul V cupinde patru trasee cu următoarele evenimente:

V_1(E_1, E_2, E_2, E_4, E_5) cu durata de 260 zile;
V_2(E_1, E_2, E_4, E_5) cu durata de 300 zile;
V_3(E_1, E_2, E_3, E_4) cu durata de 120 zile;
V_4(E_1, E_2, E_4, E_6) cu durata de 170 zile.

Nivelul VI cuprinde șapte trasee și anume:

VI_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}) cu durata de 380 zile;
VI_2 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{18}) cu durata de 430 zile;
VI_3 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{17}) cu durata de 400 zile;
VI_4 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}) cu durata de 360 zile;
VI_5 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{11}) cu durata de 330 zile;
VI_6 (E_1, E_2, E_4, E_6, E_8) cu durata de 190 zile;
VI_7 (E_1, E_2, E_4, E_6, E_7) cu durata de 185 zile.

Nivelul VII cuprinde trei trasee cu următoarele durate:

VII_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{17}, E_{19}) cu durata de 590 zile;
VII_2 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}) cu durata de 440 zile;
VII_3 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}, E_{13}) cu durata de 380 zile.

Scanned with OKEN Scanner

Nivelul VIII cuprinde trei trasee cu următoarele evenimente:

VIII_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{25}) cu durata de 470 zile;
VIII_2 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{22}) cu durata de 470 zile;
VIII_3 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}, E_{13}, E_{14}) cu durata de 720 zile.

Nivelul IX cuprinde patru trasee și anume:

IX_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{25}, E_{26}) cu durata de 500 zile;
IX_2 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{22}, E_{23}) cu durata de 530 zile;
IX_3 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}, E_{13}, E_{14}, E_{15}) cu durata de 840 zile;
IX_4 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}, E_{13}, E_9, E_{16}) cu durata de 770 zile.

Nivelul IX cuprinde două trasee cu următoarele durate:

X_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{25}, E_{26}, E_{27}) cu durata de 560 zile;
X_2(E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{22}, E_{23}, E_{24}) cu durata de 560 zile.

Nivelul XI cuprinde două trasee cu următoarele evenimente:

XI_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{25}, E_{26}, E_{27}, E_{28}) cu durata de 660 zile;
XI_2 (E_1, E_2 E_4, E_5, E_{12}, E_{13}, E_{14}, E_{15}, E_{16}) cu durata de 900 zile.

Nivelul XII cuprinde două trasee cu următoarele durate:

XII_1 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}, E_{13}, E_{14}, E_{15}, E_{16}, E_{29}) cu durata de 920 zile;
XII_2 (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{20}, E_{21}, E_{25}, E_{26}, E_{27}, E_{28}) cu durata de 700 zile.

Nivelul XIII se poate realiza pe următorul traseu:

XIII (E_1, E_2, E_4, E_5, E_{12}, E_{13}, E_{14}, E_{15}, E_{16}, E_{29}, E_{30}) cu o durată totală de 950 zile.

Nivelul XIII cuprinde nodurile care concură la realizarea traseului cu durata cea mai mare $t_f = 950$ zile și formează drumul critic în graful din figura 22, *b*, pe baza datelor din tabelul 39.

În vederea construirii deciziei de acceptare a contractului cu un anumit termen de realizare a centralei hidroelectrice se calculează variabila redusă în diverse ipoteze rezultate pe baza diverselor valori ale timpului planificat (prevăzut în contract) și se deduce tabloul probabilităților de încheiere a lucrărilor cu riscuri minime în condițiile luate în calcul.

Dacă variabila redusă $x_0 = 0{,}7$ iar probabilitatea corespunzătoare după legea normală de repartiție este de 0,75, adică 75 de situații posibile de realizat dintr-o sută și 25 situații nefavorabile.

Riscul de penalizare în acest caz este departe de a fi neglijat.

Pentru riscuri de (5—10)% contractul se poate accepta, dacă s-au studiat restricțiile impuse de natură la realizarea obiectivului. Totodată trebuie să se creeze condiții ca lucrările să poată fi accelerate în anumite perioade ale anului așa fel încît să nu atingem nivelul de risc precalculat.

Dacă există sau nu condiții pentru accelerarea lucrărilor pe întregul interval de lucru, ceea ce presupune mărirea volumului de resurse, atunci se poate accepta sau refuza contractul ținînd seama de data fixată pentru terminarea lucrărilor și de prețul stabilit pentru întreaga construcție. La adoptarea deciziei finale se are în vedere faptul că orice accelerare a lucrărilor antrenează o creștere a resurselor și respectiv a costurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 39

Nr. crt.	t_i	t_i	t_j	t_j	t_{ij}	Marja totală	DC
1	0	0	10	10	10	0	E_1
2	10	10	150	150	100	0	E_2
3	10	10	110	150	150	40	—
4	150	150	300	300	150	0	E_4
5	300	300	380	380	60	0	E_5
6	150	150	170	355	20	165	—
7	170	355	190	370	15	185	—
8	300	300	330	380	30	50	—
9	190	370	380	380	10	180	—
10	170	355	190	370	20	180	—
11	360	360	380	380	20	10	—
12	300	300	360	360	60	0	E_{12}
13	380	380	720	720	340	0	E_{13}
14	720	720	840	840	120	0	E_{14}
15	840	840	900	900	60	0	E_{15}
16	300	300	900	900	280	0	E_{16}
17	300	300	590	900	280	320	—
18	300	300	430	740	130	330	—
19	430	740	590	900	160	310	—
20	300	300	400	780	100	300	—
21	400	780	900	900	120	380	—
22	300	300	380	600	80	220	—
23	380	600	440	660	60	220	—
24	440	660	470	750	30	280	—
25	470	750	900	900	60	370	—
26	470	750	530	810	60	280	—
27	530	810	560	840	30	280	—
28	560	840	900	900	60	280	—
29	470	470	500	500	30	0	E_{29}
30	440	440	470	470	30	0	E_{30}
31	500	720	560	780	60	220	—
32	560	780	660	880	100	220	—
33	900	900	920	920	20	10	—
34	660	880	920	920	40	300	—
35	920	920	960	950	30	10	—
36	380	380	710	760	330	50	—
37	710	760	770	820	60	50	—
38	380	380	900	900	200	320	—
39	770	820	900	900	90	40	—

t_i = momentul avansat de începere;
t_i = momentul întîrziat de începere;
t_j = momentul avansat de terminare;
t_j = momentul întîrziat de terminare;
t_{ij} = durata operațiilor;
m_t = marja totală;
DC = drumul critic.

Scanned with OKEN Scanner

II

UTILIZAREA OPTIMĂ A RESURSELOR MATERIALE ȘI UMANE LA NIVELUL SISTEMELOR INDUSTRIALE

(p. 30—p. 87)

— Exploatarea rațională a sistemelor de producție

— Algoritmul ingineriei umane la nivelul sistemelor industriale

— Algoritmul costului de vînzare al produselor

Scanned with OKEN Scanner

Problema 30 a

Se consideră o centrală termoelectrică avînd $P = 100$ MW, care funcționează 6 000 h/an pe bază de combustibil cu puterea calorică $P_{ci} = 2\,250$ kcal/kg. Combustibilul se transportă de la 90 km de centrală, plătindu-se pentru transport 55 lei/t la 40 km și 5 lei pe tonă pentru descărcare.

Depozitul se organizează în forma arcului de cerc cu unghi la centru $\alpha = 90°$.

Se mai dau: $\gamma = 0{,}9$ t/m³, greutatea volumetrică a cărbunelui; $\varphi_d = 0{,}9$ coeficientul de folosire a depozitului; $H = 4$ m înălțimea de depozitare a cărbunelui $q = 0{,}4$ = consumul specific.

Cărbunele este antrenat în centrală cu un screper la care viteza la gol $v_g = 3$ m/s, iar la sarcină $v_s = 1{,}5$ m/s.

Forțele de antrenare sînt $F_g = 1\,200$ kgf; $F_s = 2\,120$ kgf.

Coeficienții de siguranță $k_g^s = 2{,}1$; $k_s^s = 1{,}4$.

Randamentul instalației $\eta_T = 0{,}85$.

Să se determine:

1. Consumul total de combustibil pe an, pe zi, pe schimb, pe oră, considerînd vagoane de 40 tone și cheltuielile de transport și descărcare.
2. Rezerva ce o poate conține depozitul și cîte zile poate funcționa centrala din stocul respectiv.
3. Puterea motorului de antrenare a screperului și coeficienții de siguranță.

Rezolvare

1. $$B_{an} = q \cdot E_i = (0{,}4) \cdot 100 \cdot 6000 \cdot \frac{7\,000}{2\,260} = 0{,}75 \cdot 10^6 \text{ t/an}$$

$$B_{an}^{vag} = \frac{0{,}75 \cdot 10^6 \text{ t/an}}{80 \text{ t/vag}} = 9{,}4 \cdot 10^3 \text{ vag./an};$$

$$B_{zi} = \frac{9{,}4 \cdot 10^3}{365} = 26 \text{ vag./zi} \cong 9 \text{ vag./sch};$$

$$C_{tot} = C_{transp.} + C_{descărc.} = \left(5 + 55 \cdot \frac{90}{40}\right) \cdot 0{,}75 \cdot 10^6 = 128 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

2. $$R_1 = \sqrt{\frac{62{,}5 \cdot 360 \cdot 10^3}{\pi 90 \cdot 4 \cdot 0{,}92}} = 147 \text{ m},$$

$$R_2 = \frac{147}{\sqrt{2}} = \frac{147}{1{,}41} = 104 \text{ m};$$

$B_{lună} = 62{,}5 \cdot 10^3$ t/lună; $B_{15\ zile} = 31{,}75 \cdot 10^3$ t/15 zile.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a asigura o rezervă de $62,5 \cdot 10^3$ t/lună (tocmai consumul centralei pe o durată de 30 zile) raza depozitului trebuie să fie de 147 m. Dacă rezerva în depozit se dimensionează pentru 15 zile atunci raza depozitului trebuie să fie de 104 m.

3. Puterea motorului de antrenare a dispozitivului de aducere a cărbunelui în depozit:

$$P_{inc} = \frac{k_{s_i} \cdot F_{inc} \cdot V_{inc}}{102 \cdot \eta} = \frac{2120 \times 1,4 \times 1,5}{102 \cdot 0,85} = 51,4 \text{ kW} \rightarrow 50 \text{ kW};$$

$$P_g = \frac{k_{s_g} \cdot F_g \cdot V_g}{102 \cdot \eta} = \frac{2,1 \cdot 2120 \cdot 3}{102 \cdot 0,85} = 88,9 \text{ kW} \rightarrow 70 \text{ kW};$$

$$k'_{s_g} = \frac{70}{50} = 1,4; \quad k_{s_i} = \frac{100}{50} = 2.$$

Se verifică coeficienții de siguranță la suprasarcină ceea ce arată că se pot adopta motoarele la puterea indicată în STAS, și anume: $P_{motor} = 50$ kW.

Problema 30 b

Se consideră 2 grupuri turbogeneratoare cu următoarele caracteristici:

a. *Grupuri cu condensație*:

— Puterea maximă 25 MW;
— Puterea economică 20 MW;
— Consum specific la $Q_{max} = 3150$ kcal/kWh;
— Consum specific la $Q_{ec} = 3030$ kcal/kWh;
— Consum la mers în gol $a = 9,7\% Q_{max}$.

b. *Grupul cu contrapresiune*:

— Puterea maximă 12 MW;
— Consum specific suplimentar pentru producerea energiei termice $b_t = 5$ Gcal/mWh;
— Randamentul mecanic $\eta_m = 0,99$.

Pentru grupul cu contrapresiune se mai dau elementele: $\eta_g = 0,98$ randamentul generatorului electric; $p_g = 0,13 + b_g P$, pierderile în generator la sarcină maximă.

Se cere:

1. Calcularea elementelor caracteristicii energetice pentru grupul de condensație.
2. Scrierea caracteristicii energetice a grupului cu contrapresiune.
3. Precizarea structurii caracteristicilor energetice ale grupului, atît pentru energia electrică, cît și pentru energia termică.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

1. $Q_h = a + b_1 \cdot P_{ec} + b_2(P - P_{ec})$; Gcal/h;

$Q_h = a + b_1 \cdot P + (b_2 - b_1)(P - P_{ec})$; Gcal/h;

$b_1 = \frac{Q_{ec} - a}{P_{ec}} = \frac{45,5 - 6,11}{15} = 2,65$ Gcal/MWh;

$Q_{ec} = c_{s_{ec}} P_{ec} = 3,03 \cdot 15 = 45,5$ Gcal/h;

$Q_M = c_{s_M} \cdot P_M = 3,15 \cdot 20 = 63$ Gcal/h;

$a = 0,097 \cdot 63 = 6,11$ Gcal/h;

$b_2 = \frac{Q_M - Q_{ec}}{P_M - P_{ec}} = \frac{63 - 45,5}{5} = 3,5$ Gcal/MWh;

$Q_h = 6,11 + 2,65P_{ec} + 3,5(P - P_{ec}) = 6,11 + 2,65P + (3,5 - 2,65) \cdot (P - 15)$;

2. $Q_h^{cp} = a + bP = Q_h^e + Q_h^t = a^e + b^eP + a^t + b^t \cdot P = a^e + a^t + (b^e + b^t)P$;

$a = a^e + a^t$; $b = b^e + b^t$

$Q_h^e = p_e + p_m + k \cdot P$;

p_e = pierderile electrice $= a_g + b_g \cdot P = 0,13 + b_g \cdot 12 = P_{gx} - P_{borne}$;

$p_e = P\left(\frac{1 - \eta_g}{\eta_g}\right)$ $p_m = (1 - \eta_m)P \cdot k$; $k = 0,860$ Gcal/MW

$Q_h^e = a_g + b_g \cdot P + (1 - \eta_m)k \cdot P + k \cdot P$;

$Q_h^e = 0,13 + 7 \cdot 10^{-3}P + 0,103 + 0,86P = 0,233 + 0,867P$;

$a_g + b_g \cdot P = 0,13 + 12 \cdot b_g = 0,215$ Gcal/h; $b_g = 7 \cdot 10^{-3}$;

$a^e = 0,233$ Gcal/h; $b^e = 0,867$ Gcal/MWh;

$a^t = 4,5 - a^e = 4,5 - 0,233 = 4,267$ Gcal/h;

P_g	6	9	12	MW
η_g	96,5	97,5	98	
P_{gx}	6,2	9,224	12,24	MW
ΔP	0,2	0,224	0,24	MW
ΔQ	0,172	0,193	0,215	Gcal/h

3. $Q_h^t = 4,267 + 5P$; $Q_h^e = 0,233 + 0,867P$;

$Q_h^{cp} = Q_h^e + Q_h^t = 4,5 + 5,867P$;

$Q_h^{cp} = 4,5 + 5,867P$ Gcal/h.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 31

Se consideră un cazan de abur cu debitul de 60 Gcal/h. Consumul la mers în gol este 5% din consumul la sarcină maximă. Sarcina minimă a cazanului este zero.

Valorile randamentului se dau astfel:

Încărcarea cazanului	20%	40%	60%	80%	100%
η_{cazan}	70%	76%	78%	78%	76%

Se cere:

1. Calcularea consumurilor la sarcinile parțiale;
2. Scrierea caracteristicii energetice a cazanului;
3. Determinarea consumurilor de mers în gol și consumurilor specifice suplimentare (b), pentru zona sarcinilor minime, economice și mărite;
4. Precizarea domeniului de folosire a caracteristicii energetice;
5. Care sînt formele simplificate de calcul a consumurilor de combustibil pe cele trei zone.

Rezolvare

1. $B_c = \frac{Q_c}{\eta_c}$;

Q_c	20%	40%	60%	80%	100%
η_c	0,7	0,76	0,78	0,78	0,76
B_c	17,15	31,5	46,1	61,5	79

2. $B_c = a_c + b_{min}Q_{min} + b_{ec}Q_{ec} + b_M Q_M$;

3. $a_c = 5 \cdot 79 \cdot \frac{1}{100} = 3{,}95$ Gcal/h;

$$b_{min} = \frac{B_{min} - a_c}{Q_{min}} = \frac{17{,}5 - 3{,}95}{13} = 1{,}16 \text{ Gcal/Gcal};$$

$$b_{ec} = \frac{B_{ec} - B_{min}}{Q_{ec} - Q_{min}} = \frac{61{,}5 - 17{,}5}{48 - 13} = 1{,}25 \text{ Gcal/Gcal};$$

$$b_M = \frac{B_M - B_{ec}}{Q_M - Q_{ec}} = \frac{79 - 61{,}5}{60 - 48} = 1{,}46 \text{ Gcal/Gcal};$$

4. $B_c = 3{,}95 + 1{,}16\,Q_{min} + 1{,}25\,Q_{ec} + 1{,}46\,Q_M$ (Gcal/h).

Caracteristicile energetice servesc pentru determinarea consumurilor la cazanele de abur. Pe baza acestor consumuri se pot face repartiții economice a puterilor pe centralele electrice din sistemul energetic considerat.

Scanned with OKEN Scanner

5. Forme simplificate pentru calculul consumurilor de combustibil pentru cele trei zone:

$B_{min} = b_{min}Q_{min}$; $B_{ec} = b_{ec}Q_{ec}$; $B_M = b_M Q_M$;

$B_c \cong B_{min} + B_{ec} + B_M$ Gcal/h.

Problema 32

Se consideră o C.T.E. cu 3×50 MW grupuri de condensație și prize reglabile.

Turbina V.P.T. — 50 — 3 are $P = 50$ MW; $p = 130$ ata; $t = 565°C$; $i_0 = 840{,}4$ kcal/kg.

Apa de răcire are temperatura 20°C. Priza industrială $p_p = 13$ ata; $i_p = 716$ kcal/kg și $D_{p_{max}} = 230$ t/h.

Priza de termoficare la 1,2 ata și $D_{T_{max}} = 160$ t/h, neutilizată. Pentru $P_{max} = 50$ MW și $D_{p_{max}} = 230$ t/h; $D_T = 0$ consumul de căldură al grupului $Q_n = 64{,}9$ Gcal/h.

Randamentul: $\eta = \eta_m \cdot \eta_{gen} = 0{,}981$; $\eta_{n_{cazan}} = 0{,}8935$; $\eta_{cd_n} = 0{,}99$; $\eta_c^{242t/h} = 0{,}883$.

Cazanul 420 t/h; 140 ata; 570°C cu circulație naturală.

Combustibilul cărbune brun pulverizat cu $P_{c_i} = 3750$ kcal/kg.

Entalpia apei de alimentare 222,4 kcal/kg.

La $D_c = 420$ t/h consumul de căldură al cazanului $Q_{n_{caz}} = 291$ Gcal/h. $D_{gol} = 23$ t/h, debitul de mers în gol; $D_{n_c} = 183$ t/h la funcționarea în condensație; $D_{n_t} = 353{,}4$ t/h la funcționare în regim de termoficare.

Pierderea de căldură pe bloc (cazan-turbină) este de $p_n = 1{,}7$ Gcal/h. Consumul specific nominal de căldură este: $q_n = 1505$ kcal/kWh.

Energia electrică produsă la sarcină nominală $E_n = 150 \times 10^3 \times 8760 = 1{,}313 \times 10^9$ kWh/an.

Căldura livrată anual pe priza de 13 ata la $D_{priză} = 230$ t/h $Q_{t_n} = 3906 \times 10^9$ kcal/an. Entalpia condensatului returnat $i_c = 100$ kcal/kg. Cota parte din aburul livrat ce se întoarce sub forma de condensat a = 0,7.

Energia electrică produsă anual este $E = 900 \cdot 10^6$ kWh/an.

Căldura livrată anual consumatorului termic $Q_t = 2156 \times 10^6$ kcal/an. Regimul de funcționare a centralei $t_f = 8760$ h/an.

Timpul de utilizare a puterii maxime $t_u = \frac{900 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^3} = 6000$ h/an. Debitul mediu anual de abur la turbină $D_{0_t} = 238$ t/h.

Debitul mediu anual de abur la priză $D_p = 140$ t/h;

Debitul mediu anual de abur al cazanului $D_{0_c} = 242$ t/h;

Variația lunară a temperaturii apei de răcire și a producției de energie:

Tabelul 40

Lunile	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{apa\ răcire}$ °C	12	13	15	17,5	20,5	22,8	24	23	20,5	18	16	14,1
E_t kWh	92	86	81	75	71	62	60	61	66	75	83	88

Scanned with OKEN Scanner

Particularități de funcționare:

— Din cauza unei defecțiuni la supraîncălzitorul unui cazan, un grup a funcționat timp de 4 luni cu $t_0 = 555°C$. În această perioadă $D_{0_{med\ tur}} = 250$ t/h; $D_{med_{priză}} = 170$ t/h, iar energia produsă pe grup $E_{t_0} = 100 \cdot 10^6$ kWh;

— În anul considerat s-au efectuat următoarele manevre: 3 porniri de la rece cazan-turbină; 6 porniri turbină; 10 porniri cazane după o durată de oprire de maximum 1 oră;

— Combustibilul suferă o variație calitativă timp de 5 luni (aprilie—august), iar în rest își păstrează în medie compoziția indicată în proiect.

Cenușa scade în medie la 29,3%; umiditatea crește în medie cu 13,5%; energia produsă de centrală în acest timp $E = 329 \cdot 10^6$ kWh.

Să se calculeze:

1. Corecțiile consumului nominal de căldură, funcție de variația sarcinii electrice și termice, variația parametrilor ciclului, variația vidului.
2. Corecțiile pentru pierderile de apă-abur, pierderile datorită pornirii agregatelor, variația calității combustibilului și pentru murdărirea suprafețelor de schimb de căldură.
3. Calculul consumului de căldură corectat.

Rezolvare

Corecțiile consumului de combustibil:

a. Variația sarcinii electrice:

$$k_E = X_0(1 - m)/m; \quad k_1 = 1 + X_E;$$

$$X_0 = \frac{X_{0c} + X_{0t}}{2} = \frac{0,125 + 0,065}{2} = 0,095;$$

$$X_{0_c} = \frac{D_{gol}}{D_{n_c}} = \frac{23}{183} = 0,125;$$

$$X_{0_t} = \frac{D_{gol}}{D_{n_t}} = \frac{23}{353,4} = 0,065;$$

$$m = \frac{\tau_n}{t_f} = \frac{6\,000}{8\,760} = 0,685.$$

D_{gol}; D_{n_c}; D_{n_t} s-au extras din diagrama de funcționare a grupurilor V.P.T.—50—3.

$$k_E = 0,095(1 - 0,685)/0,685 = 0,044; \quad k_1 = 1,044;$$

b. Variația sarcinii termice:

Turbinele funcționînd cu o singură priză reglabilă

$$k_2 = \frac{q}{q_n} = \frac{1 - A\left(1 - V_t \frac{q_{t_n}}{q_{c_n}}\right) \cdot \frac{Q_t}{E}}{\left[1 - A\left(1 - \frac{q_{t_n}}{q_{c_n}}\right) \cdot \frac{Q_{t_n}}{E_n}\right] V_c \cdot V_t};$$

$$A = \frac{(i_0 - i_p)}{i_p - a \cdot i_c} \cdot \frac{\eta_m \cdot \eta_g}{860} = \frac{840,4 - 716}{716 - 0,7 \cdot 100} \cdot \frac{0,981}{860} = 0,22 \cdot 10^{-3}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Consumul specific de căldură pentru energia electrică produsă de aburul livrat, situaţia de proiect:

$$qt_n = \frac{860}{\eta_{cn} \cdot \eta_{cd_n} \eta_{m_n} \eta_{gn}} = \frac{860}{0{,}8935 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}981} = 992 \ \frac{\text{kcal}}{\text{kwh}}.$$

Energia produsă cu aburul livrat situaţia de proiect (grupuri identice — deci se calculează pentru un grup) se calculează astfel:

$$E_{t_n} = \frac{D_{t_n}(i_0 - i_p)}{860} \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \tau_f = \frac{230 \cdot 10^3 (840{,}4 - 716)}{860} \cdot 0{,}981 \cdot 8760$$

$$E_{t_n} = 32{,}6 \cdot 10^3 \cdot 8760 \text{ kWh}.$$

Energia produsă în condensaţie:

$$E_{c_n} = E_n - E_{t_n} = 50 \cdot 10^3 \cdot 8760 - 32{,}6 \cdot 10^3 \cdot 8760 = 17{,}4 \cdot 10^3 \cdot 8760 \text{ kWh}.$$

Consumul specific de căldură pentru energia electrică produsă în condensaţie se determină astfel:

$$q_{c_n} = \frac{q_n E_n - q_{t_n} E_{t_n}}{E_{c_n}} = \frac{1\,504 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 8\,760 - 992 \cdot 32{,}6 \cdot 10^3 \cdot 8\,760}{17{,}4 \cdot 10^3 \cdot 8\,760} = 2\,470 \text{ kcal/kWh}.$$

Factorul de corecţie pentru variaţia randamentului intern:

$$V_t = \frac{1}{K_1} = \frac{1}{1{,}044}.$$

Factorul de corecţie pentru variaţia randamentului cazanului:

$$V_c = \frac{\eta^c}{\eta n_c} = \frac{88{,}3}{89{,}35} = 0{,}989.$$

Coeficientul (k_2) se determină cu o relaţie de forma:

$$k_2 = \frac{1 - A\left(1 - V_t \frac{q_{t_n}}{q_{c_n}}\right) \cdot \frac{Q_t}{E}}{\left[1 - A\left(1 - \frac{q_{t_n}}{q_{c_n}}\right) \cdot \frac{Q_{t_n}}{E_n}\right] V_c \cdot V_t} = \frac{1 - 0{,}22 \cdot 10^{-3}\left(1 - \frac{1}{1{,}044} \cdot \frac{992}{2\,470}\right) \cdot \frac{2\,156 \cdot 10^9}{0{,}9 \cdot 10^9}}{\left[1 - 0{,}22 \cdot 10^3\left(1 - \frac{992}{2\,470}\right) \frac{3\,906 \cdot 10^6}{1{,}313 \cdot 5 \cdot 10^9}\right] \frac{0{,}989}{1{,}044}}$$

c) Variaţia parametrilor ciclului termic.

c_1) Variaţia temperaturii aburului supraîncălzit.

Un grup a funcţionat 6 luni cu $t_0 = 555°C$. Energia electrică produsă în această perioadă de grup este:

$E_{t_0} = 100 \cdot 10^6 \text{kWh}$; $D_0 \simeq 250$ t/h mediu admisibil;

$D_p \simeq 170$ t/h mediu admisibil.

Din curba de regim a grupului pentru D_0; D_p; t_0 se determină corecţia de putere $\Delta P = +600$ kW. Abaterea consumului de căldură a grupului:

$$\varepsilon = \frac{\Delta P}{P_n} = \frac{0{,}6}{50} = 0{,}012.$$

Coeficientul de corecţie $C_{t_0} = 1 + \varepsilon = 1{,}012$.

Scanned with OKEN Scanner

Factorul de corecție pe centrala k_{t_0} se determină ca o medie ponderată în raport cu energiile produse în diferitele situații cu o relație de forma:

$$k_{t_0} = \frac{(E - E_{t_0}) + C_{t_0}E_{t_0}}{E} = \frac{800 \cdot 10^6 + 1{,}012 \cdot 100 \cdot 10^6}{900 \cdot 10^6} = 1{,}0012$$

$K_3 = k_{t_0} = 1{,}0012$ deoarece k_{p_0} și k_{p_p} sînt egale cu 1.

c_2) Variația vidului.
Factorul de corecție:

$$K_4 = \frac{C_1E_1 + \ldots\ldots + C_{12}E_{12}}{E}$$

Coeficienții $C_i = 1 + \frac{\Delta P_i}{P_{n_i}}$

ΔP_i se determină din diagramele $\Delta P = f(D_0;\ D_p t_{apa\ răcire})$
Datele calculate au următoarele valori:

Tabelul 41

Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
tapa răcire°C	12	13	15	17,5	20,2	22,8	24	23	20,5	18	16	14,1
$\pm\Delta P$	−0,3	−0,28	−0,23	−0,12	+0,01	+0,16	+0,32	+0,3	+0,02	−0,08	−0,2	−0,24
C_i	0,994	0,994	0,995	0,998	1	1,003	1,006	1,006	1,004	0,998	0,996	0,995
E_i	92	86	81	75	71	62	60	61	66	75	83	88

Valorile mici ale coeficienților (C_i) se explică prin faptul că grupurile sînt de condensație cu priză reglabilă și ponderea părții de condensație este relativ mică.

$$k_4 = \frac{\sum_1^{12} C_iE_i}{E} = 0{,}998$$

2. Corecția pentru pierderile de apă-abur.
d) Coeficientul de corecție:

$$k_6 = 1 + \frac{n_g(p - p_n)}{n_g(Q_n + p_n)} = 1 + \frac{3(2{,}6 - 1{,}7)}{3(64{,}9 + 1{,}7)} = 1{,}013.$$

$p_n = 1{,}7$ Gcal/h stabilite prin proiect;
$p = C_6 \cdot p_n =$ pierderea de căldură medie anuală.
$C_6 = k_1 \cdot \frac{E_n}{E} = 1{,}044 \cdot \frac{1{,}3135 \cdot 10^9}{0{,}9 \cdot 10^9} = 1{,}525$

$p = 1{,}525 \cdot 1{,}7 = 2{,}6$ Gcal/h
$Q_n = 64{,}9$ Gcal/h consumul grupului;
$n_g =$ numărul de grupuri.

Scanned with OKEN Scanner

e) Pierderile datorită pornirii agregatelor.

e_1) Pornirea turbinelor.

Pierderea de căldură la pornirea unei turbine:

$$Q_{p\,turb} = \frac{5 + 0{,}5N_n}{100} Q_n = \frac{5 + 0{,}5 \cdot 50}{100} 64{,}9 = 19{,}4 \text{ Gcal}$$

La o nouă pornire rezultă următoarea pierdere de căldură $Q_{p_{turb}} = 9 \times 19{,}4 = 175$ Gcal

e_2) Pornirea cazanelor.

Trei porniri la rece, fiecare reclamă o pierdere de 87% din consumul maxim orar al cazanului (50% căldură de acumulare și 37% pierderi propriu-zise).

$$Q_{pc_{z_1}} = 3 \times 0{,}87 \times 291 = 760 \text{ Gcal} = 3 \cdot 0{,}87 \cdot \frac{D_{ab}(i_{ab} - i_{apa})}{c = 0{,}8 \cdot 10^6}$$

După 10 porniri, după o oprire maximă de o oră, considerînd că nu s-a pierdut căldura de acumulare a cazanului, rezultă:

$$Q_{pc_{z_2}} = 0{,}37\, Q_{n_{cazan}} \text{ și } \Sigma Q_{pc_{z_2}} = 10 \cdot 0{,}37 \cdot 291 = 1080 \text{ Gcal}$$

Pierderile totale de căldură se calculează astfel:

$$Q_{pc_{z_1}} + \Sigma Q_{pc_{z_2}} = 760 + 1080 = 1840 \text{ Gcal}$$

Factorul de corecție în acest caz are valoarea:

$$k_7 = \frac{Q_{pc_z} + Q_{pt_b}}{q_n E} + 1 = \frac{(175 + 1\,840) \cdot 10^6}{1\,505 \cdot 0{,}9 \cdot 10^9} + 1 = 1{,}0015$$

f) Variația calității combustibilului.

f_1) Variația procentuală de cenușă.

Pe timp de 5 luni procentul de cenușă a variat de la 38,8% la 29,3%. Din diagramă rezultă creșterile corespunzătoare ale pierderilor:

$$\Delta q_1 = 4{,}1 - 2{,}5 = 1{,}6\%$$

$$\Delta q_2 = 0{,}4 - 0{,}23 = 0{,}17\%$$

$$\Delta q_3 = q_1 + q_2 = 1{,}77\%$$

f_2) Variația procentuală de umiditate: umiditatea a variat de la 7,9% la 13,5%.

Se poate aproxima cu 1% creșterea pierderilor cînd umiditatea a crescut cu 1%. Astfel $\Delta q_4 = 0{,}56\%$.

f_3) Pierderile totale datorită variației calității combustibilului au următoarea valoare:

$$\Delta q = \Delta q_3 + \Delta q_4 = 1{,}77 + 0{,}56 = 2{,}33\%$$

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de corecție în acest caz se calculează astfel:

$$C = 1 + \frac{\Delta q}{100} = 1 + 0{,}0233 = 1{,}0233$$

În cele cinci luni centrala a livrat o cantitate de energie $E_8 = 329 \cdot 10^6$ kwh, iar coeficientul de corecție (k_8) are valoarea:

$$k_8 = \frac{C \cdot E_8 + (E - E_8)}{E} = \frac{1{,}0233 \cdot 329 \cdot 10^6 - 571 \cdot 10^6}{900 \cdot 10^6} = 1{,}008$$

g) Corecțiile pentru murdărirea suprafețelor de schimb de căldură.

Pentru centrala lucrînd în regim de bază:

$$k_9 = 1{,}01$$

3) Calculul consumului specific de căldură corectat.

Consumul specific mediu anual, ținînd seama de variația factorilor determinați anterior se calculează astfel:

$$q = q_n \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot k_9$$

$$q = 1505 \cdot 1{,}186 \cdot 1{,}0012 \cdot 0{,}998 \cdot 1{,}013 \cdot 1{,}0015 \cdot 1{,}0121 \cdot 1{,}01 = 1848$$

$$q = 1848 \text{ kcal/kWh}$$

Problema 33

Calcularea consumului specific de căldură, corectat față de cel din proiect în condițiile de exploatare a centralei D.

Termocentrala D este echipată cu 6 grupuri turbogeneratoare identice cu următoarele caracteristici tehnice:

— puterea nominală $P_n = 20$ MW;
— presiunea aburului viu $p_0 = 56$ at.
— temperatura aburului viu $t_0 = 460°C$;
— temperatura nominală a apei de răcire $t_{ar} = 15°C$;
— presiunea finală (vidul) = 0,04 ata;
— patru prize nereglabile pentru circuitul regenerativ.

Cazanele în număr de 6, sînt identice și au următoarele caracteristici tehnice:

— debitul de abur nominal $D_{ab} = 100$ t/h;
— presiunea nominală a aburului $p_{ab} = 64$ ata.;
— temperatura nominală a aburului $t_{ab} = 480°C$;
— temperatura apei de alimentare $t_{a_a} = 180°C$;
— debitul caloric al cazanului $D_c = 62{,}2$ Gcal/h;
— combustibilul de bază folosit este cărbunele inferior.

După datele de proiect, caracteristicile calitative ale cărbunelui erau:

— puterea calorică inferioară $p_c^i = 2700$ kcal/kg;
— conținutul de cenușă în masa de lucru $A^l = 17\%$;
— conținutul de umiditate în masa de lucru $W^l = 30\%$;

Ponderea combustibilului folosit (după proiect) este de 75% cărbune, 20% gaze naturale, 5% păcură.

Scanned with OKEN Scanner

Consumul specific de căldură după proiect este $C_{sp} = 3180$ kcal/kWh la sarcina economică $P_{ec} = 90$ MW și temperatura apei de răcire $t_{ar} = 15°C$.

Caracteristica termică a centralei este de tipul cu două zone, deoarece randamentul maxim se realizează la sarcina $P_{ec} = 90$ MW (15 MW pe turboagregat și $D_{ab} = 80$ tone/h pe cazan) inferioară sarcinii maxime de 120 MW.

Conform proiectului producția anuală de energie electrică era de 600 GWh, iar timpul de utilizare a puterii maxime 5 000 h/an.

Recalcularea consumului specific de căldură în condițiile obiective variabile ale anului de bază s-a făcut după lucrarea „Metodologie pentru calcularea consumului specific de căldură în condiții obiective variabile" astfel:

1. *Variația sarcinii electrice a centralei*

Sarcina electrică a centralei, variabilă în cursul anului de bază, se determină cu următoarea relație:

$$P = P_n\left[[1 - (1 - m_0)\frac{t_n}{t_f}\frac{m - m_0}{1 - m}\right] \quad \text{(MW)}$$

în care:

$P_n = 120$ MW este sarcina nominală a centralei;

$m_0 = \frac{P_{min}}{P_n} = \frac{30}{120} = 0{,}25$ este raportul dintre sarcina minimă realizată în cursul anului de bază și sarcina nominală;

$t_n = \frac{E \text{ (produs în anul de bază)}}{P_n} = \frac{918\,409\,183}{120\,000} = 7.653$ h — timpul de utilizare a puterii maxime în cursul anului de bază.

$E = 918.409.183$ kWh — energia electrică produsă în anul de bază.

$t_f = 8760$ h — numărul de ore de funcționare a centralei în anul de bază.

$m = \frac{t_n}{t_f} = \frac{7\,653}{8\,760} = 0{,}8736$ — coeficient de utilizare a duratei calendaristice.

Caracteristica termică a centralei se determină în funcție de următoarele elemente:

— $Q_n = C_{sp}^n \cdot P_n = 3460$ kcal/kWh $\cdot$ 120.000 kWh $= 415{,}2$ Gcal/h.

— $Q_{ec} = C_{sp}^{ec} \cdot P_{ec} = 3450$ kcal/kWh $\cdot$ 90.000 kWh $= 310{,}5$ Gcal/h.

— $Q_0 = \frac{D_0 \cdot i_0}{1000 \cdot \eta_{min}} = \frac{4{,}45 \cdot 805 \cdot 7}{1000 \cdot 0{,}5} = 7{,}16$ Gcal/h unde:

— $D_0 = D_0^{tb} + D_{ej} = 3{,}7$ t/h $+ 0{,}75$ t/h $= 4{,}45$ t/h — debitul de mers în gol al turbinei.

— $i_0 = 805{,}7$ kcal/kWh este entalpia aburului produs de cazan.

— $\eta_{min} = 0{,}5$ este randamentul cazanului la sarcină minimă.

Din caracteristica termică a grupului se determină valoarea consumului de căldură la mersul în gol, aferent zonei a II-a.

$$Q_0' = -4 \text{ Gcal/h}$$

— coeficientul de mers în gol pentru zona 1.

$$x_{01} = \frac{Q_0}{Q_{ec}} = \frac{7{,}16}{310{,}5} = 0{,}023.$$

Scanned with OKEN Scanner

— coeficientul de mers în gol pentru zona 2.

$$x_{02} = \frac{Q_0}{Q_n} = \frac{-4}{415{,}2} = -0{,}0096$$

Prin planimetrarea suprafețelor din curba clasată a puterilor se determină valoarea energiei electrice corespunzătoare zonei 1 și 2.

$$E_1 = 116\,334\,000 \text{ kWh};$$

$$E_2 = 802\,500\,000 \text{ kWh};$$

$$E = E_1 + E_2 = 918.834.000 \text{ kWh}.$$

Cunoscînd aceste două elemente se determină:

$$m_1 = \frac{E_{n_1}}{E_f} = \frac{E_1}{P_n \cdot t_f} = \frac{116\,334\,000}{120\,000 \cdot 8760} = 0{,}111;$$

$$m_2 = \frac{E_{n_2}}{E_f} = \frac{E_2}{P_n \cdot t_f} = \frac{802\,500\,000}{120\,000 \cdot 8760} = 0{,}763.$$

$$x_{E_1} = x_{0_1}\frac{1-m_1}{m_1} = 0{,}023\,\frac{1-0{,}111}{0{,}111} = 0{,}184;$$

$$x_{E_2} = x_{0_2}\frac{1-m_2}{m_2} = -0{,}0096\,\frac{1-0{,}763}{0{,}763} = -0{,}00297;$$

$$k_{11} = 1 + x_{E_1} = 1 + 0{,}184 = 1{,}184;$$

$$k_{12} = 1 + x_{E_2} = 1 - 0{,}00297 = 0{,}99703.$$

Coeficientul de corecție al consumului specific de căldură funcție de variația sarcinii electrice a centralei se determină astfel:

$$k_1 = \frac{k_{11} \cdot E_1 + k_{12} \cdot E_2}{E_1 + E_2} = \frac{1{,}184 \cdot 116\,334 + 0{,}997 \cdot 802\,500}{918\,834} = 1{,}0206$$

$$k_1 = 1{,}0206.$$

2. *Variația sarcinei termice*

În cursul anului de bază centrala D a livrat o cantitate de căldură sub 0,25% din consumul total de căldură astfel că se poate considera:

$$k_2 = 1$$

3. *Variația parametrilor aburului produs de cazane*

În cursul anului de bază la centrala D nu au fost condiții obiective de abatere de la parametrii nominali, astfel că se poate considera:

$$k_3 = 1$$

4. *Variația vidului*

Variația vidului la turboagregate este determinată de variația temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator.

Scanned with OKEN Scanner

Folosind curbele de corecție (date de furnizor), în funcție de valoarea medie a temperaturii apei de răcire, de sarcina medie lunară pe grup, s-au determinat coeficienții k_1 pe fiecare lună din anul de bază după cum urmează:

Tabelul 42

Nr. crt.	Luna	Energie electrică produsă	Nr. de ore de funcționare TA	P_{med} centrală	P_{med} grup	$t.ar$	Coeficient de corecție „C“
1	Ianuarie	80 234 598	713	112,53	18,7	21,2	1,029
2	Februarie	78 072 776	684	114,14	19,02	20,0	1,022
3	Martie	82 154 280	722	113,78	18,9	14,0	0,997
4	Aprilie	68 644 295	643	106,75	17,79	13,5	0,996
5	Mai	71 262 893	675	105,57	17,59	16,0	1,003
6	Iunie	79 259 340	707	112,10	18,68	24,4	1,046
7	Iulie	78 933 249	730	108,12	18,02	25,0	1,049
8	August	73 720 825	669	110,19	18,36	25,1	1,049
9	Septembrie	75 110 254	693	108,38	18,06	21,0	1,028
10	Octombrie	75 593 737	661	114,36	19,06	12,5	0,993
11	Noiembrie	76 771 175	656	117,02	19,50	12,0	0,992
12	Decembrie	78 741 761	665	118,40	19,73	11,0	0,990
	TOTAL	918 409 183					

$$k_4 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i E_i}{\sum_{i=1}^{i=12} E_i} = 1{,}016$$

5. *Variația contrapresiunii*

Turbinele de la centrala *D* sînt de tipul cu condensație, astfel că se poate considera:

$$k_5 = 1$$

6. *Corecția pentru pierderea de apă abur*

Pierderea de căldură aferentă sarcinii maxime este de 2% de unde rezultă:

$$p_n = 0{,}02 \cdot 415{,}2 \text{ Gcal/h} = 8{,}304 \text{ Gcal/h};$$

$E_n = 120\,000 \cdot 8760 = 1\,051{,}2 \cdot 10^6$ kWh — energie electrică ce poate fi produsă anual dacă se funcționează la sarcina nominală.

$E = 918\,409\,183$ kWh este energia electrică produsă în cursul anului de bază.

Coeficientul de variație relativă a pierderilor la sarcina parțială se determină cu relația:

$$C_6 = k_1 \frac{E_n}{E} = 1{,}0206 \frac{1051{,}2}{918{,}409} = 1{,}144.$$

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile de căldură medii anuale relative la sarcina nominală:

$$p = C_6 \cdot p_n = 1{,}144 \cdot 8{,}304 \text{ Gcal/h} = 9{,}499 \text{ Gcal/h}.$$

Factorul de corecție se determină cu o relație de forma:

$$k_6 = 1 + \frac{p - p_n}{Q_n + p_n} = 1 + \frac{9{,}499 - 8{,}304}{(415{,}2 + 8{,}304)} = 1 + \frac{1{,}195}{423{,}504} = 1{,}00282$$

$$k_6 = 1{,}00282.$$

7. *Pierderile de căldură datorate pornirii turbinelor*

a) *Pierderi la pornirea turbinelor*

Pierderile de căldură pentru o singură pornire se calculează cu relația:

$$Q^{lb}_{porn} = \frac{5 + 0{,}5N}{100} = Q_n = \frac{5 + 0{,}5 \cdot 20}{100} \cdot 415{,}2 = 62{,}8 \text{ Gcal}$$

În cursul anului de bază s-a făcut 115 porniri de la rece, de unde rezultă pierderea totală de căldură de:

$$Q^{lb}_{porn} = 62{,}8 \cdot 115 = 7\,220 \text{ Gcal}$$

b) *Pierderi la pornirea cazanelor*

Consumul orar maxim de căldură al cazanului:

$$Q_{caz/h} = \frac{D_{ab}(i_{ab} - i_{aa})}{c} = \frac{120\,000(805{,}7 - 180)}{0{,}8 \cdot 10^6} = 93{,}855 \text{ Gcal}.$$

Pierderea de căldură la pornirea unui cazan de la rece este de circa 87% din consumul maxim orar al cazanului.

În cursul anului de bază s-au făcut 117 porniri cazane de la rece și deci pierderea totală de căldură la pornirea cazanelor va fi:

$$Q^{caz}_{porn} = 0{,}87 \cdot 93{,}855 \cdot 117 = 9\,553{,}49 \text{ Gcal}.$$

Factorul de corecție k_7 va fi:

$$k_7 = l_1 \frac{Q^{lb}_{porn} + Q^{caz}_{porn}}{E} = \frac{7\,220 + 9\,553{,}49}{3\,180 \cdot 918{,}409} = 1{,}00574$$

$$k = 1{,}00574.$$

8. *Variația calității combustibilului*

În cursul anului de bază calitatea cărbunelui a fost inferioară calității prevăzute în proiect.

a) *Variația procentului de cenușă*

Valoarea medie a procentului de cenușă din cărbune, realizată în cursul anului de bază a fost de $A^I = 31{,}3\%$, iar în proiect era prevăzut 17%. Creș-

Scanned with OKEN Scanner

terile corespunzătoare ale pierderilor cazanului, stabilite din diagramele de variație a pierderilor, au valorile:

$$q_1 = 6{,}8 - 3{,}2 = 3{,}6\%; \quad q_2 = 0{,}65 - 0{,}25 = 0{,}4\%;$$

$$q_1 + q_2 = 4\%$$

b) *Variația procentului de umiditate*

Valoarea medie a procentului de umiditate din cărbune, realizată în cursul anului de bază, a fost de $W^1 = 33{,}36\%$ față de 30% cît prevedea proiectul.

Pierderile de căldură suplimentare ca urmare a creșterii procentului de umiditate din cărbune se aproximează la 1% pentru fiecare 10% de creștere a umidității, deci:

$$q = \frac{33{,}36 - 30}{10} \cdot 1\% = 0{,}336\%$$

Pierderea totală de căldură ca urmare a înrăutățirii calității cărbunelui va fi:

$$q_t = 4{,}000\% + 0{,}336\% = 4{,}336\%$$

Deoarece am luat în considerație valoarea medie a procentului de cenușă și umiditatea realizată în cursul anului de bază, determinarea factorului de corecție nu se mai face în funcție de ponderea energiilor pe anumite perioade:

$$k_8 = 1 + \frac{q_t}{100} = 1 + \frac{4{,}336}{100} = 1{,}04336$$

$$k_8 = 1{,}04336.$$

9. *Corecția pentru murdărirea suprafețelor de schimb de căldură*

Pentru centrala D care funcționează în regim de bază, coeficientul k_9 are valoarea:

$$k_9 = 1{,}01$$

Consumul specific de căldură corectat va fi:

$$q = q_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot k_9 =$$

$$= 3180 \cdot 1{,}0206 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}016 \cdot 1 \cdot 1{,}00282 \cdot 1{,}00574 \cdot 1{,}04336 \cdot 1{,}01 =$$

$$= 3504{,}61 \text{ kcal/kWh}.$$

Consumul specific de căldură, realizat în anul de bază, este de 3502,2 Kcal/kWh.

Problema 34

O centrală termoelectrică este echipată cu patru grupuri electrogene cu turbine cu condensație pură și 7 cazane de abur.

Scanned with OKEN Scanner

Caracteristicile instalațiilor energetice se dau astfel:

Tabelul 43

Denumirea parametrilor	Numărul grupurilor			
	I	II	III	IV
—P_i (MW) — turbină	26,3	26,3	26,3	26,3
—S_i (MVA) — Generator	31,25	25	22,5	35
—η generator	0,95	0,95	0,95	0,95
—P_d (MW) Turbină	25,25	26,3	26,3	26,3
—S_d (MVA) Generator	31,25	24	22,3	33
—Consum de mers în gol (a) (Gcal/h)	19	19	21	21
—Consum specific suplimentar $P \leqslant P_{ec}$ (Gcal/MWh)	3,1	3	3,3	3,2
—Idem pentru $P > P_{ec}$ (Gcal/MWh)	3,5	3,6	—	—
—Puterea economică a grupurilor (P_{ec})	20	20	—	—

Debitul instalat al fiecărui cazan 50 Gcal/h. Debitele disponibile ale cazanelor (1—5) sînt de 50 Gcal/h, iar pentru cazanele (6 și 7) se reduc la 45 Gcal/h. Nu există cauze locale care să micșoreze puterea disponibilă. Celelalte instalații din centrală lucrează la capacitatea lor nominală.

Pentru perioada care urmează s-a planificat să se scoată în reparație cazanul 6, apoi cazanul 5 și grupul 4, precum și grupul 1. Repararea unui grup de 25 MW se face în 20 de zile, iar a unui cazan de 50 Gcal/h se realizează în 15 zile. Centrala este interconectată la Sistemul Energetic Național.

Să se calculeze treptele de putere și energie.

Rezolvare:

Calcularea treptelor de putere P_{ic}, P_{dc}, P_{uc}, la nivelul centralei se face parcurgînd următoarele etape:

$$P_{ic} = \sum_{k=1}^{4} P_{impk} \cdot \eta_{gk} = 4 \times 26{,}3 \times 0{,}95 = 100 \text{ MW}.$$

Puterea disponibilă pe grupurile (I — IV) se calculează cu relații de forma:

$$P_{dg_1} = P_{dmp} \cdot \eta_g \qquad P_{dg_2} = S_d \cos \varphi; \qquad \cos \varphi = 1$$

Se alege:

$P_{dg_I} = 25{,}25 \times 0{,}95 = 24 \text{ MW} < S_{d_I} = 31{,}25 \text{ MW}$; $\quad P_{dg_I} = 24 \text{ MW}$;

$P_{dg_{II}} = 26{,}3 \times 0{,}95 = 25 \text{ MW} > S_{d_{II}} = 24 \text{ MW}$; $\quad P_{dg_{II}} = 24 \text{ MW}$;

$P_{dg_{III}} = 26{,}3 \times 0{,}95 = 25 \text{ MW} > S_{d_{III}} = 22{,}5 \text{ MW}$; $\quad P_{dg_{III}} = 22{,}5 \text{ MW}$;

$P_{dg_{IV}} = 26{,}3 \times 0{,}95 = 25 \text{ MW} < S_{d_{IV}} = 33 \text{ MW}$; $\quad P_{dg_{IV}} = \frac{25 \text{ MW}}{95{,}5 \text{ MW}}$.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru stabilirea puterii disponibile pe centrală se calculează cantităţile de abur date de cazane, pe care le comparăm cu necesarul de abur pe grupuri:

$$Q_{dc_z} = 5 \times 50 + 2 \times 45 = 340 \text{ (Gcal/h)};$$

$$Q_{hg} = Q_{h_I} + Q_{h_{II}} + Q_{h_{III}} + Q_{h_{IV}};$$

$Q_{h_I} = a + b_1 P_{ec} + b_2 (P - P_{ec}) = 19 + 3{,}1 \cdot 20 + 3{,}5 \cdot 4 = 95$ Gcal/h;

$Q_{h_{II}} = 19 + 3 \cdot 20 + 3{,}6 \cdot 4 = 93{,}4$ Gcal/h;

$Q_{h_{III}} = 21 + 3{,}3 \cdot 22{,}5 = 95{,}25$ Gcal/h;

$Q_{h_{IV}} = a + bP = 21 + 3{,}2 \cdot 25 = 101$ Gcal/h;

$Q_{hg} = 95 + 93{,}4 + 95{,}2 + 101 = 384{,}65$ Gcal/h;

$Q_{deficit} = Q_{hg} - Q_{dc_z} = (384{,}65 - 340) = 44{,}65$ Gcal/h.

Din lipsă de abur se descarcă grupurile cele mai puţin economice în ordinea descrescătoare a consumurilor specifice suplimentare (b).

Grupul II $Q_{descărcat} = 3{,}6 \cdot 4 = 14{,}4$ Gcal/h pentru $P^d_{II} = 4$ MW;

Grupul I $Q_{descărcat} = 3{,}5 \cdot 4 = 14$ Gcal/h pentru $P^d_{I} = 4$ MW;

Grupul III $Q_{descărcat} = 44{,}65 - (14{,}4 + 14) = 16{,}25$ Gcal/h;

$$P^d_{III} = \frac{16{,}25}{3{,}3} = 4{,}92 \text{ MW}; \qquad P^{descărcat}_{II+I+III} = 12{,}92 \text{ MW};$$

$$P_{dc} = (95{,}5 - 12{,}92) = 82{,}58 \text{ MW}.$$

Puterea utilizabilă a centralei se determină ţinînd seama de cazanele şi grupurile scoase în reparaţie, şi anume:

a) *Cazanul 6 se scoate în reparaţie*

$$Q_{dc_z} = 5 \cdot 50 + 45 = 295 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{deficit} = 384{,}65 - 295 = 89{,}65 \text{ Gcal/h}.$$

Se descarcă grupurile (II + I) cu puterile (4 + 4) MW şi grupul III cu 18,6 MW determinate astfel:

$$P_{g(II+I)} = \frac{Q^a_{II}}{3{,}6} + \frac{Q^a}{3{,}5} = \frac{14{,}4}{3{,}6} + \frac{14}{3{,}5} = (4 + 4) \text{ MW};$$

$$P_{g_{III}} = \frac{89{,}65 - 28{,}4}{3{,}3} = 18{,}6 \text{ MW};$$

$$P_{uc} = 95{,}5 - (4 + 4 + 18{,}6) = 95{,}5 - 26{,}6 = 68{,}9 \text{ MW}.$$

Dacă se scoate grupul III cu o putere $P_{gIII} = 25$ MW $> 26{,}6$, atunci puterea utilizabilă a centralei se determină astfel:

$$Q_g = Q_{hg} - Q_{g_{III}} = 384{,}65 - 95{,}25 = 289{,}4 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{dc_z} = 295 \text{ Gcal/h} > Q_{g_{I+II+IV}} = 289{,}4 \text{ Gcal/h}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Întrucît cantitatea de abur dată de cele 5 cazane (Q_{dc_z}) este mai mare decît cea cerută de grupurile (I + II + IV) se poate calcula puterea utilizabilă a centralei electrice astfel:

$$P_{uc} = 95{,}5 - 22{,}5 = P_{u_I} + P_{u_{II}} + P_{u_{III}} = 73 \text{ MW}.$$

S-a scos din funcțiune grupul al treilea deoarece dădea cea mai mică putere.

b) *Se scot în reparație cazanul 5 și grupul 4*

$$Q_{dc_z} = 340 - 50 = 4 \cdot 50 + 90 = 290 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{g_{I+II+III}} = 384{,}65 - 101 = 289{,}65 < 290 \text{ Gcal/h};$$

$$P_{uc} = 95{,}5 - 25 = 70{,}5 \text{ MW}; \quad \Delta P_{rd} = 25 \text{ MW} = P_{gIV}.$$

c) *Grupul 1 este scos în reparație*

$$Q_{dc_z} = 340 \text{ Gcal/h}; \quad Q_g = 384{,}65 - 95 = 289{,}65 < 340 \text{ Gcal/h};$$

$$P_{uc} = 95{,}5 - 24 = 71{,}5 \text{ MW}; \quad \Delta P_{rd} = 24 \text{ MW} = P_{gI}.$$

Prin eliminarea strangulărilor la cazanele (6) și (7) se cîștigă 10 Gcal/h și puterea disponibilă a centralei devine $P_{dc} = 85{,}58$ MW, sporind cu 3 MW față de situația inițială $P_{dc} = 82{,}58$ MW. Acest spor de putere se determină astfel: (10 Gcal/h = 3,3 ΔP și $\Delta P = 3$ MW).

Pentru eliminarea strangulărilor se aplică următoarele măsuri:

— se repară turbina I și generatorul II, cîștigîndu-se cîte 1 MW de fiecare unitate;

— se înlocuiește generatorul al treilea și se obține un spor de 2,5 MW;

— se montează un cazan nou care va da abur suficient pentru asigurarea unei puteri disponibile pe centrală egală cu:

$$P_{dc} = 95{,}5 \text{ MW}$$

Capacitatea de producție a centralei la nivelul secției turbine (C_{pg}), la nivelul sălii cazanelor (C_{pc_z}) și la nivelul sistemului energetic în putere și energie se calculează astfel:

$$C^p_{pg} = P_i a^g_{uz}; \quad C^E_{pg} = P_i \cdot a^g_{uz} \cdot t_{ef} = P_i \cdot a_{uz}(t_c - t_r);$$

$$C^Q_{pc_z} = Q_i \cdot a^{cz}_{uz}; \quad C^{Et}_{pc_z} = Q_i \cdot a^{cz}_{uz} \cdot t_{ef} = Q_i \cdot a^{cz}_{uz}(t_c - t_r);$$

$$C_{ps} = a \sum_{k=1}^{n} C_{pc_k}; \quad a = \frac{P_{pmed}}{P_{pv}};$$

$$t^{an}_c = 8\,760; \quad t^{an}_{r_{cz}} = 15 \cdot 24 = 360 \text{ ore}; \quad t^{an}_{r_g} = 20 \cdot 24 = 480 \text{ ore}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care:

a^g_{uz}; a^{cz}_{uz} — coeficientul de uzură la nivelul fiecărui grup (g) și respectiv cazan(cz);

Q_i — debitul instalat;

t_r — durata de reparație;

C^p_{pg}; C^E_{pg} — capacitatea în putere (P) și energie (E) a centralei;

C^{Et}_{pcz}; C^Q_{pcz} — capacitatea în cantitatea de energie termică (E_t) livrată anual de sala cazanelor și debitul momentan disponibil al centralei;

a — coeficientul de aplatisare a curbei de sarcină;

P_{pmed} — puterea produsă medie;

P_{pv} — puterea produsă la vîrf.

Problema 35

Într-o centrală electrică sînt instalate 3 grupuri cu $P_i = 50$ MW fiecare. Anual se produce în centrală energia E egală cu $800 \cdot 10^6$ kWh. Puterea maximă a centralei $P_{max} = 135 \cdot 10^3$ kW.

Timpii de funcționare a fiecărui agregat au valorile:

$$t_1 = 8000 \text{ h/an}; \quad t_2 = 6600 \text{ h/an}; \quad t_3 = 5400 \text{ h/an}.$$

Consumurile proprii tehnologice la nivelul centralei și rețelelor electrice nu depășesc 10% din energia produsă, respectiv transportată. În cadrul întreprinderii distribuitoare de energie se consumă 5% din energia primită de furnizorul intermediar. Să se calculeze energiile și indicii de utilizare a instalațiilor energetice.

Rezolvare:

Calculul energiilor globale și marfă la nivelul centralei și sistemului energetic se face astfel:

$$E^c_{globală} = E_p = 800 \cdot 10^6 \text{ kWh}; \qquad E^c_{cpt} = 0{,}1E_p = 80 \cdot 10^6 \text{ kWh};$$

$$E^c_{marfă} = 0{,}9E_p = 720 \cdot 10^6 \text{ kWh}; \qquad E^r_{cpt} = 0{,}1E_m = 72 \cdot 10^6 \text{ kWh};$$

$$E^s_{globală} = E^c_m = 720 \cdot 10^6 \text{ kWh}; \qquad E^s_m = E^{distribuitor}_{livrată} = 0{,}9E^s_g = 648 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

$$E_{consumator} = 0{,}95E^s_m = 615{,}6 \cdot 10^6 \text{ kW}$$

Indicii de utilizare se determină la nivelul grupurilor și centralei în valori relative și valori absolute cu relații de forma:

a) *Pentru grupuri*

$$k^{vr}_{ext}\% = \frac{t_{ef}}{t_c} 100; \qquad k^{vr}_{ints}\% = \frac{P_{ef}}{P_{max}} 100;$$

$$k^{va}_{ext} = \frac{E_{max}}{P_i} = t_{ef}; \qquad k^{va}_{ints} = \frac{E_{ef}}{t_{ef}} = P_{ef};$$

$$k^{vr}_{integ}\% = k^{vr}_{ext}\% \; k^{vr}_{ints}\% \frac{1}{100};$$

$$k^{va}_{integ} = t_{ef} \cdot P_{ef} = E_{ef}$$

Scanned with OKEN Scanner

b) *Pentru centrala electrică*

$$k_{ext}^{va} = t_{ef} = \frac{50(8\,000 + 6\,600 + 5\,400)}{150} = 6\,660 \text{ h/an}$$

$$k_{ext}^{vr} = \frac{t_{ef}}{t_c} = \frac{6\,660}{8\,760} = \frac{E_{max}}{E_{max\,max}} = 0{,}76;$$

$$k_{ints}^{va} = \frac{E_{ef}}{t_{ef}} = P_{ef} = \frac{800 \cdot 10^6}{6\,600} = 120 \cdot 10^3 \text{ kW};$$

$$k_{ints}^{vr} = \frac{P_{ef}}{P_t} = \frac{120}{150} = 0{,}8;$$

$$k_{integ}^{va} = E_{ef} = 800 \cdot 10^6 \text{ kWh};$$

$$k_{integ}^{vr} = k_{ext}^{vr} \cdot k_{ints}^{vr} = 76 \cdot 80\frac{1}{100} = 60{,}8.$$

Indicii complementari se calculează la nivelul sistemului energetic prin aplicarea următoarelor relații:

$$a = \frac{P_{p\ med\ cal}}{P_{p_v}} = \frac{E_p}{t_c} \cdot \frac{1}{P_{p_v}} = \frac{90 \cdot 10^3}{135 \cdot 10^3} = 0{,}67;$$

$$k_{integral}^{vr} = 0{,}608 < a = 0{,}67.$$

Totdeauna indicele de aplatisare (a) trebuie să fie mai mare decît indicele integral în valori relative (k_{integr}^{vr}).

Timpii de utilizare a puterilor instalate și a puterilor de vîrf se calculează astfel:

$$t_i = \frac{E_p}{P_i} = \frac{800 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^3} = k_{integr}^{vr} t_c = 5\,225 \text{ h/an};$$

$$t_v = \frac{E_p}{P_{p_v}} = \frac{800 \cdot 10^6}{135 \cdot 10^3} = a \cdot t_c = 0{,}67 \cdot 8\,760 = 5\,820 \text{ (h/an)}.$$

Indicii de reducere a puterii la vîrf, indicele de rezervă și indicele de simultaneitate se calculează astfel:

$$f_{red} = r_v = \frac{P_i - P_{d_v}}{P_i} = \frac{150 - 135}{150} = 0{,}1 \rightarrow 10\%$$

$$f_{rez} = \frac{P_{d_v} - P_{p_v}}{P_{d_v}} = 0. \text{ Nu există rezervă de putere.}$$

$$s = \frac{P_{p_v}}{\sum_1^n P_{cv}} = 0{,}4; \quad \sum_1^n P_{cv} = \frac{P_{d_v}}{0{,}4} = \frac{135 \cdot 10^3}{0{,}4} = 362\,500 \text{ kW}$$

Scanned with OKEN Scanner

Legătura dintre indicii centralei și ai sistemului se face cu ajutorul următoarelor relații analitice:

$$P_v = P_i \cdot \frac{(1 - rv)}{(1 + f_{rez})}; \quad a = k_{integ}^{vr} \cdot \frac{(1 + f_{rez})}{(1 - r_v)};$$

$$f_{rez} = \frac{R_{eu}}{P_{p_v}} = 1 - \frac{P_{p_v}}{P_{p_v}} = \frac{P_{eu} - P_{p_v}}{P_{eu}} = 1 - \frac{P_{p_v}}{P_{eu}};$$

$$f_{red} = r_v = (1 - r_{ed} \cdot r_d \cdot r_i) = 1 - \frac{P_{eu}}{P_{ed}} \cdot \frac{P_{ed}}{P_d} \cdot \frac{P_d}{P_i} = 1 - \frac{P_{eu}}{P_i} \cdot$$

Puterea disponibilă la vîrf este egală cu puterea efectiv utilizabilă ($P_{d_v} = P_{eu}$).

Problema 36

O C.T.E. interconectată cu sistemul energetic este echipată cu două grupuri electrogene cu turbine de abur cu condensație pură ale căror caracteristici se dau astfel:

	grupul I	*grupul II*
Puterea instalată (MW)	50	25
Puterea economică (MW)	40	20
Consumul de căldură la mers în gol (Gcal/h)	15	8,5
Consumul specific suplimentar de căldură pentru $P \leqslant P_{ec}$ (Gcal/MWh)	2,9	3,1
Idem pentru sarcini $P > P_{ec}$ (Gcal/MWh)	3,15	3,4

În urma uzurilor, grupul I produce doar 47 MW, iar puterea sa economică a scăzut la 37 MW. Consumul de mers în gol a devenit 15,5 Gcal/h; creșterile relative pentru $P \leqslant P_{ec}$ $b_1 = 3{,}3$ Gcal/MWh și pentru $P > P_{ec}$; $b_2 = 3{,}6$ Gcal/MWh. Aburul este produs de trei cazane, avînd fiecare un debit de căldură nominal de 65 Gcal/h. Cele trei cazane debitează pe un colector din care se alimentează grupurile. Nu există alte uzuri decît la gr. I. Nu există cauze locale care să influențeze puterea posibilă de produs. Nu există alte strangulări decît cele ce rezultă din caracteristicile specificate.

În anul de plan se prevăd următoarele reparații: în luna iunie se repară concomitent cazanul I și grupul II timp de 25 zile, în luna iulie se repară cazanul II timp de 25 zile, iar în august intră în reparație atît cazanul III cît și grupul I timp de 25 zile.

Să se determine:

1. Puterea instalată, disponibilă și efectiv disponibilă a centralei.
2. Capacitatea de producție a centralei în anul de plan.

Rezolvare

1. $P_i = 50 + 25 = 75$ MW;

$Q_{h_1} = 15 + 2{,}9 \cdot 40 + 3{,}15 \cdot 10 = 15 + 116 + 31{,}5 = 162{,}5 = 162{,}5$ Gcal/h;

$Q_{h_2} = 8{,}5 + 3{,}1 \cdot 20 + 3{,}4 \cdot 5 = 8{,}5 + 62 + 17 = 87{,}5$ Gcal/h;

$Q_h = 162{,}5 + 87{,}5 = 250$ Gcal/h;

$Q_{i\,caz} = 3 \times 65 = 195$ Gcal/h.

Scanned with OKEN Scanner

Deficitul de abur are valoarea:

$$\Delta Q = 250 - 195 = 55 \text{ Gcal/h.}$$

Reducerea puterii pentru $P > P_{ec}$

Pe grupul II 5 MW $\longrightarrow$ $3{,}4 \cdot 5 = 17$ Gcal/h
Pe grupul I 10 MW $\longrightarrow$ $3{,}15 \cdot 10 = 31{,}5$ Gcal/h

Total = 15 MW $Q_t = 48{,}5$ Gcal/h

Întrucît $Q_t < 55$ Gcal/h se reduce în continuare puterea pe grupul al doilea.

$$P = \frac{55 - 48{,}5}{3{,}1} = \frac{6{,}5}{3{,}1} = 2{,}1 \text{ MW.}$$

În aceste condiții puterea disponibilă a centralei (P_d^c) are valoarea:

$$P_d^c = 75 - (5 + 10 + 2{,}1) = 75 - 17{,}1 = 57{,}9 \text{ MW.}$$

2. La calculul capacității de producție se ține seama de planul de reparație din lunile iunie, iulie și august și rezultă:

$Q_{h_{necesar}} = 15{,}5 + 3{,}3 \cdot 37 + 3{,}6 \cdot 10 = 15{,}5 + 122 + 36 = 173{,}5$ Gcal/h;

$Q_{disponibil} = 3 \cdot 65 = 195$ Gcal/h.

$P_{eu\ \text{iunie}} = 50$ MW, întrucît se poate alimenta complet grupul I.

$P_{eu\ \text{iulie}} = 57{,}9$ MW; $Q_{h_{d_2}} = 87{,}5$ Gcal/h (întrucît se consideră un cazan în plus care acoperă necesarul de abur — prin intrarea în funcțiune a cazanului II).

În cursul lunii august debitul de abur disponibil are valoarea $Q_{h_2} = 2 \cdot 65 = 130$ Gcal/h, iar puterea efectiv utilizabilă este $P_{eu\ \text{august}} = 25$ MW.

În restul anului, debitul total disponibil are valoarea:

$$Q_{t_d} = Q_{h_{d_1}} + Q_{h_{d_2}} = 173{,}5 + 87{,}5 = 261{,}0 > 260 \text{ Gcal/h}$$

Puterea efectiv utilizabilă în restul anului este

$$P_{eu\ \text{rest an}} = 75 \text{ MW.}$$

La nivelul centralei puterea efectiv utilizabilă este:

$$P_{eu} = \frac{50 \cdot 25 + 57{,}9 \cdot 25 + 25 \cdot 25 + 75 \cdot 290}{365} = \frac{25\,100}{365} = 68{,}8 \text{ MW.}$$

Energia produsă în cursul anului are valoarea:

$$E_{\text{anual}} = 68{,}8 \cdot 8\,760 = 602\,000 \text{ MWh.}$$

Întreținerea și exploatarea rațională a instalațiilor energetice conduce la capacități disponibile a agregatelor și contribuie la reducerea efortului de investiții la vîrful sistemului.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 37

O C.T.E. este echipată cu patru grupuri cu condensație avînd caracteristicile:

	gr. 1	gr. 2	gr. 3	gr. 4
P_{imp} (arbore) MW	52,08	26,6	26,6	26,6
P_{dmp} (arbore) MW	52,08	26,6	21,28	26,6
S_i MVA	62,5	24	35	30
S_d MVA	62,5	24	32	30
cos φ	0,8	0,75	0,8	0,8
$\eta_{alternator}$	0,96	0,94	0,94	0,94

Caracteristicile energetice ale grupurilor se dau astfel:

	$P \leqslant P_{ec}$	$P > P_{ec}$
gr. 1; 2 și 4	$D_h = 10 + 4{,}15$	$D_h = 10 + 4{,}15P_{ec} + 4{,}9(P - P_{ec})$;
gr. 3 uzat	$D_h = 9 + 4{,}8P$	$D_h = 9 + 4{,}8P_{ec} + 6(P - 15)$;
gr. 3 neuzat	$D_h = 8 + 4{,}4P$	$D_h = 8 + 4{,}4P_{ec} + 5{,}8(P - P_{ec})$;

$P_{ec_1} = 40$ MW; $P_{ec_{2,3,4}} = 20$ MW; $P_{ec_3\,uz} = 15$ MW.

Dacă P este în MW, rezultă debitul D_h în t/h.

Din ecuațiile de mai sus rezultă următoarele consumuri specifice de abur în kg/kWh.

% P_i	gr. 1	gr. 2, 3, 4 neuzat	gr. 3 uzat
100	4,5	5	5,64
80	4,4	4,8	5,45
60	4,48	4,93	5,49
40	4,65	5,20	5,7
20	5,15	6,00	6,6

În centrală sînt instalate cinci cazane de abur cu un debit nominal 110 t/h fiecare.

Din cauza uzurii, debitul disponibil la cazanele 1, 2, 3, 4 este de 100 t/h, iar la cazanul 5 de 78 t/h. Celelalte instalații lucrează la capacitatea nominală. Nu există condiții locale care să reducă puterea disponibilă. Într-un anumit interval, cazanul 5 și grupul 2 se scot în reparații.

Să se determine:

1. Puterile P_i, P_d, P_{ed}, P_{ind}, pentru fiecare grup și pe centrală.
2. Puterile P_u, P_{eu}, P_{inu}, P_{einu}, ΔP_{rd}, ΔP_{red}.
3. Precizarea ordinii de eliminare a indisponibilităților la nivelul centralei.

Rezolvare

1. Puterile instalate și disponibile se determină cu relații de forma:

grupul 1. $P_{i_1} = P_{imp_1} \cdot \eta_{g_1} = 52{,}08 \cdot 0{,}96 = 50$ MW;
$P_{d_1} = P_{dmp_1} \cdot \eta_{g_1} = 52{,}08 \cdot 0{,}96 = 50$ MW;
$S_{d_1} = 62{,}5$ MVA se consideră cos $\varphi = 1$.
Se alege puterea disponibilă cea mai mică.

Scanned with OKEN Scanner

grupul 2. $P_{i_2} = P_{imp_2} \cdot \eta_{g_2} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW;
$P_{d_2} = P_{dmp_2} \cdot \eta_{g_2} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW;
$S_{d_2} = 24$ MVA; $P_{d_2} = S_{d_2} \cos \varphi = 24 \cdot 1 = 24$ MW;
$P_{d_2} = 24$ MW.

grupul 3. $P_{i_3} = P_{imp_3} \cdot \eta_{g_3} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW;
$P_{d_3} = P_{dmp_3} \cdot \eta_{g_3} = 21{,}28 \cdot 0{,}94 = 20$ MW;
$S_{d_3} = 32$ MVA;
$P_{d_3} = 20$ MW.

grupul 4. $P_{i_4} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW;
$P_{d_4} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW;
$S_{d_4} = 30$ MVA;
$P_{d_4} = 25$ MW.

Puterea indisponibilă pe grupuri se deduce astfel:

$$P_{ind_1} = P_{i_1} - P_{d_1} = 0; \quad P_{ind_2} = 1; \quad P_{ind_3} = 5 \text{ MW}; \quad P_{ind_4} = 0;$$

$P_{ed} = P_d$ pentru toate grupările, întrucît nu există condiții locale care reduc puterea disponibilă.

Calculul puterii instalate și disponibile pe centrale:

$$P_{ic} = \sum_1^4 P_{i_{gc}} = 50 + 3 \cdot 25 = 125 \text{ MW} = (50 + 25 + 25 + 25) = 125 \text{ MW}.$$

Aburul necesar pentru producerea acestei puteri este:

$$D_i = \sum_1^4 P_{ik} \cdot c_{sk} = 50 \cdot 4{,}5 + 3 \cdot 25 \cdot 5 = 600 \text{ t/h}.$$

În realitate centrala dispune de o cantitate de abur egală cu:

$$D_d = \sum_1^4 P_{dk} c'_{sk} = 50 \cdot 4{,}5 + 24 \cdot 5 + 20 \cdot 5{,}45 + 5 \cdot 25 = 578{,}2 \text{ t/h}.$$

Din cauza strangulărilor pe partea termică se produce următoarea cantitate de abur:

$$D_{d_c} = 4 \cdot 100 + 78 = 478 \text{ t/h}.$$

Întrucît nu există abur disponibil pe măsura cererii se va merge numai cu grupurile mai economicoase și anume:

$$D_{\text{necesar grupurilor (1+2+4)}} = 50 \cdot 4{,}5 + 5 \cdot 24 + 5 \cdot 25 = 470 \text{ t/h}.$$

Pentru grupul 3 rămîne o cantitate de abur egală cu:

$$D_{3_r} = 478 - 470 = 8 \text{ t/h}.$$

Se scrie caracteristica energetică a acestui grup sub forma:

$$D_{h_3} = 8 + 4{,}4P; \quad D_{h_3} = 8 + 4{,}4P_{ec} + 5{,}8(P - P_{ec}).$$

Scanned with OKEN Scanner

Se observă că aburul disponibil D_{3r} servește doar pentru mersul în gol. În acest context puterea disponibilă a centralei se calculează astfel:

$$P_{d_c} = 50 + 24 + 25 = 99 \text{ MW};$$

$$P_{ind_c} = P_i - P_d = 125 - 99 = 26 \text{ MW}.$$

Se observă că în cazul existenței strangulărilor puterea indisponibilă pe grupuri nu este egală cu puterea indisponibilă pe centrală.

2. Pentru calculul puterii utilizabile se ține seama de elementele (grupul și cazanul) scoase în reparație și se determină cantitatea de abur pe care o dau cazanele în funcțiune.

$$D_{u_c} = 4 \cdot 100 = 400 \text{ tone/h}.$$

Grupurile în funcțiune (1 + 3 + 4) consumă o cantitate de abur egală cu $D_{ug} = 459$ t_{abur}/h.

$$D_{ug} = 225 + 109 + 125 = 459 \text{ t/h}.$$

S-a considerat grupul 3 uzat soluție mai dezavantajoasă față de cazul cînd toate grupurile funcționează normal. Cantitatea de abur dată de cazane nu satisface necesarul pentru grupuri deci, se descarcă grupul 3 și obținem:

$$D_{ug(1+4)} = 225 + 125 = 350 \text{ t/h} \quad D_{g_3} = 400 - 350 = 50 \text{ t/h};$$

$$D_{h_3} = 9 + 4{,}8P_3 \quad P_3 = \frac{50 - 9}{4{,}8} = 8{,}54 \text{ MW};$$

$$P_{u_c} = P_{eu} = 50 + 25 + 8{,}54 = P_{u1} + P_{u4} + P_{u3} = 83{,}54 \text{ MW};$$

$$P_{inu} = P_{einu} = P_i - P_{eu} = 125 - 83{,}54 = 41{,}46 \text{ MW};$$

$$\Delta P_{ra} = \Delta P_{reă} = P_{eă} - P_{eu} = 99 - 83{,}54 = 15{,}46 \text{ MW}.$$

3. Se elimină întîi strangulările pe partea termică și se modernizează grupul 3. În ambele cazuri se fac investiții dacă gradele de uzură sînt pronunțate și depășesc limitele prevăzute de normativele în vigoare.

Problema 38

O C.T.E. este echipată cu 3 grupuri electrogene cu turbine de abur de condensație pură. Fiecare grup este legat bloc cu cîte un cazan de abur. Caracteristicile grupurilor și cazanelor se dau astfel:

Mărimile	*Grupurile* I	II	III
1. Puterea la arborele turbinei MW	6,52	6,52	6,52 în stare nouă
2. Idem în urma uzurilor MW	6,52	6,00	6,25
3. P_i și P_d a generatorului MVA	8	6	5,5
4. Randamentul generatorului	0,92	0,92	0,92
5. cos φ la generator	0,75	0,75	0,75
6. Consumul de abur al grupului la mers în gol (a) (tone abur/h)	4,5	4,3	4,7
7. Consumul specific suplimentar de abur al grupului (t abur/MWh)	4,25	4,5	4,0
8. Debitul instalat al cazanului	30	30	30 t abur/oră
9. Debitul maxim pe care-l poate produce cazanul în urma uzurilor	30	25	27 t abur/oră

Scanned with OKEN Scanner

Răcirea condensatorilor turbinei se face în circuit deschis cu excepția lunilor: iulie și august, cînd din cauza secetei se folosesc și turnurile de răcire cu un debit orar de 4000 m³ apă de răcire. Pentru condensarea unei tone de abur sînt necesare 50 m³ apă de răcire. Rîul dă 4500 m³ apă/oră cu excepția lunilor de secetă.

Să se determine:

1. Puterea instalată a centralei și a fiecărui grup.
2. Puterea disponibilă a centralei, a fiecărui grup și a fiecărui bloc (turbină + cazan) știind că uzurile și strangulările pot fi eliminate în decursul anului analizat.
3. Puterea efectiv disponibilă (P_{ed}) a centralei în diverse perioade caracteristice și valoarea medie anuală a acestei puteri.
4. Puterea efectiv utilizabilă a centralei în luna august, cînd grupul 2 și cazanul 2 vor fi în reparație.

Rezolvare

1. $P_{i_1} = P_{i_2} = P_{i_3} = 6{,}25 \cdot 0{,}92 = P_{imp} \cdot \eta_g = 6$ MW (pentru grupuri)

$$P_{ic} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ MW} = \sum_1^3 P_{i\,gr_k} = 18 \text{ MW}.$$

2. $P_{d\,gr_1} = \nearrow 6{,}52 \cdot 0{,}92 = 6$ MW; $\searrow 8$ MW; $\quad P_{d_1} = 6$ MW;

$P_{d\,gr_2} = \nearrow 6 \cdot 0{,}92 = 5{,}52$ MW; $\searrow 6$ MW; $\quad P_{d_2} = 5{,}52$ MW;

$P_{d\,gr_3} = \nearrow 6{,}52 \cdot 0{,}92 = 5{,}75$ MW; $\searrow 5{,}5$ MW; $\quad P_{d_3} = 5{,}5$ MW;

} Puterea disponibilă pe grupuri

Puterea disponibilă pe centrală se determină calculînd cantitatea de abur necesară grupurilor și cea dată de cazane:

$$Q_{h_1} = 4{,}5 + 4{,}25 \cdot 6 = 4{,}5 + 25{,}5 = 30 \text{ t/h} = Q_{h_d \text{ caz. } 1};$$

$$Q_{h_2} = 4{,}3 + 4{,}5 \cdot 5{,}52 = 4{,}3 + 24{,}86 = 29{,}16 \text{ t/h} > Q_{h_d \text{ caz. } 2};$$

$$Q_{h_3} = 4{,}7 + 4 \cdot 5{,}5 = 4{,}7 + 22 = 26{,}7 \text{ t/h} < Q_{h_d \text{ caz. } 3};$$

$$Q_{h_d \text{ cazane}} = 30 + 25 + 27 = 82 \text{ Gcal./h}.$$

Deficitul de abur la nivelul sălii mașinilor:

$$Q = (85{,}8 - 82) = 3{,}8 \text{ Gcal/h}.$$

Se scade puterea pe grupul 2 pentru că are $b = 4{,}5$ mai mare ca la celelalte grupuri.

$$P_2 = \frac{29{,}16 - 25}{4{,}5} = \frac{4{,}16}{4{,}5} = 0{,}925 \text{ MW}.$$

$P_{d\,gr_1} = 6$ MW; $\quad P_{d\,gr_2} = 5{,}52 - 0{,}925 = 4{,}6$;MW; $\quad P_{d\,gr_3} = 5{,}5$ MW;

$P_d^{\text{centrală}} = 6 + 4{,}6 + 5{,}5 = 16{,}1$ MW (pentru lunile ianuarie — iunie, septembrie — decembrie).

Scanned with OKEN Scanner

3. $D_{apă}^{răcire} = 50\ (30 + 25 + 26{,}7) = 50 \cdot 81{,}7 = 4\,085$ m³/h.

În lunile iulie-august dispunem numai de 4000 m³/h. Deci apare o strangulare de abur necondensat.

$$Q = \frac{4085 - 4000}{50} = 85/50 = 1{,}7 \text{ t abur/h.}$$

Puterea care nu se produce de către grupuri are valoarea:

$$P_2 = \frac{1{,}7}{4{,}5} = 0{,}395 \text{ MW.}$$

Puterea disponibilă la nivelul centralei în acest caz are valoarea:

$$P_{d\ \text{centrală}} = 16{,}1 - 0{,}395 = 15{,}705 \text{ MW.}$$

Puterea disponibilă în medie pe an se calculează astfel:

$$P_{d\ \text{medie pe an}}^{CTE} = \frac{16{,}1 \cdot 10 + 15{,}7 \cdot 2}{12} = \frac{161 + 31{,}4}{12} = \frac{192{,}4}{12} = 6{,}03 \text{ MW.}$$

4. În august la ieșirea grupului 2 din reparație este suficientă cantitatea de apă de răcire, deci puterea efectiv utilizabilă la nivelul centralei se calculează astfel:

$$P_{eu\ (aug)}^{CTE} = P_{ed\ bloc1} + P_{ed\ bloc3} = 6 + 5{,}5 = 11{,}5 \text{ MW.}$$

Problema 39

Într-o centrală electrică sînt montate 5 grupuri cu turbine cu condensație pură. Pe plăcuța fiecărei turbine este înscrisă puterea de 6 MW. Puterile aparente ale generatoarelor înscrise pe plăcuțe sînt date în tabelul 44.

Alimentarea cu abur a turbinelor se face din 7 cazane avînd fiecare un debit nominal maxim de 16 Gcal/h. Caracteristicile energetice ale grupurilor:

Tabelul 44

Nr. grupului	1	2	3	4	5	$\cos \varphi = 0{,}7$
Puterea MVA	5	6	7	8	9	$\eta = 0{,}92$

$$Q_{h_1} = Q_{h_2} = 4 + 3{,}5P;$$

$$Q_{h_3} = Q_{h_4} = Q_{h_5} = 4{,}6 + 3{,}4P.$$

Dacă P este în MW rezultă Q_h în Gcal/h.

După mai mulți ani de funcționare au apărut uzuri la turbinele 1 și 2 care dau puteri mai mici $P_1 = 5{,}8$ MW și $P_2 = 5$ MW.

Consumurile de căldură au crescut datorită uzurilor cu 10% la grupul 1 și 15% la grupul 2, la restul instalațiilor capacitatea este cea nominală.

Nu există cauze locale care să modifice puterea disponibilă a centralei.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine:

1. Puterile P_i; P_d; P_{ed}; pentru fiecare grup și pentru centrală.
2. Puterea efectiv utilizabilă a centralei cînd grupul 1 este în reparație, precum și ΔP_{red}.
3. Capacitatea de producție anuală a centralei funcționînd izolat pe o rețea cu $a = 0{,}75$, ținînd cont că timpul pentru repararea unui grup este de 20 zile. Nu se ține seama de repararea cazanului.
4. Indisponibilitățile pe fiecare grup și centrală și indicarea lucrărilor ce se vor executa așa fel încît puterea disponibilă a centralei să crească progresiv și să ajungă egală cu puterea instalată.

Rezolvare

1. $P_{i\,gr_1} = P_{i\,gr_2} = P_{i\,gr_3} = P_{i\,gr_4} = P_{i\,gr_5} = 6$ MW;

$$P_{ic} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ MW}.$$

Necesarul de abur pentru $P_{ic} = 30$ MW este:

$$Q_h = 2(4 + 3{,}5 \cdot 6) + 3(4{,}6 + 3{,}4 \cdot 6) = 125 \text{ Gcal/h}.$$

Cantitatea disponibilă de abur se determină astfel:

$$Q_{h_d} = 7 \cdot 16 = 112 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{deficit} = 125 - 112 = 13 \text{ Gcal/h}.$$

Puterea disponibilă pe grupurile centralei are următoarele valori:

$$P_{d_1} = 5 \text{ MW}; \quad P_{d_2} = 4{,}6 \text{ MW}; \quad P_{d_3} = P_{d_4} = P_{d_5} = 6 \text{ MW}.$$

Suma puterilor disponibile pe grupuri:

$$P_{d\,gr(1-5)} = 27{,}66 \text{ MW}.$$

Pentru a calcula puterea disponibilă a centralei se calculează necesarul de abur astfel:

$$Q_{h_t} = Q_{h_1} + Q_{h_2} + Q_{h_3} + Q_{h_4} + Q_{h_5} = 126{,}96 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{deficit} = 126{,}96 - 112 = 14{,}93 \text{ Gcal/h}.$$

Se scade puterea pe grupul 2, care are consumul suplimentar cel mai mare și se obține:

$$P_2 = \frac{14{,}93}{3{,}5 \cdot 1{,}3} = 3{,}28 \text{ MW};$$

$$P_{d\,\text{centrală}} = 27{,}66 - 3{,}28 = 24{,}38 \text{ MW} = P_{ed}.$$

2. Puterea efectiv utilizabilă, cînd grupul 1 este în reparație se determină astfel:

$$Q_{necesar} = Q_{h_2} + Q_{h_3} + Q_{h_4} + Q_{h_5} = 110{,}13 \text{ Gcal/h} < 112 \text{ Gcal/h};$$

$$P_{eu_1} = 4{,}6 + 3 \cdot 6 = 22{,}6 \text{ MW}; \quad P_{red} = 24{,}38 - 22{,}6 = 1{,}78 \text{ MW}.$$

Scanned with OKEN Scanner

3. Capacitatea de producție a centralei se determină cu relații de forma:

$$C^E_{Pc} = a \cdot C^P_{pk} \cdot t_{fk};\ C^P_{per} = 5{,}8 \cdot 0{,}92 + 5 \cdot 0{,}92 + 3{,}6 = 27{,}93 \text{ MW};$$

$$C^E_{cp} = 0{,}75 \cdot 27{,}93 \cdot 345 \cdot 24 = 173.000 \text{ MWh/an};$$

S-a considerat $t_{rep} = 20$ zile și $t_{cal} = 365$ zile, $t_{fk} = (345 - 20)\ 24$.

4. Indisponibilitățile pe grupuri:

gr_1 $\Delta P_{ind} = 6 - 5{,}8 \cdot 0{,}92 = 6 - 5{,}33 = 0{,}67$ MW. uzura turbinei → } Total 1 MW

$\Delta P_{ind} = 6 - 5 = 1$ MW strangulare generator

gr_2 $\Delta P_{ind} = 6 - 5 \cdot 0{,}92 = 6 - 4{,}6 = 1{,}4$ MW — uzura turbinei.

Indisponibilități pe centrală:

$$\Delta P_{ind} = 30 - 24{,}38 = 5{,}62 \text{ MW}.$$

Strangulările în cazanele de abur și indisponibilitățile în turbine:

$$\Delta P_{ind} = \frac{125 - 112}{3{,}5} = \frac{13}{3{,}5} = 3{,}7 \text{ MW din strangulări pe partea termică.}$$

$\Delta P_{ind} = 2{,}4$ MW indisponibilități în grupuri.

Măsurile recomandate se indică în ordinea urgenței:

— Se adaugă o creștere cu 16(Gcal/h) la producția de abur;
— Se repară turbina 2;
— Se înlocuiește generatorul 1;
— Se repară turbina grupului 1;

După aplicarea acestor măsuri capacitatea de producție a centralei crește sensibil.

Problema 40

Se consideră 3 centrale electrice cu următoarele puteri instalate:

$P_{i_1} = (3 \cdot 25) = 75$ MW; $P_{i_2} = (3 \times 20) = 60$ MW; $P_{i_3} = (3 \times 12) = 36$ MW.

Din cauza strangulărilor și uzurilor puterile centralelor se modifică astfel:

La C.T.E 1

1 ian — 1 aprilie $P_d = 70$ MW; 1 aprilie — 1 septembrie =

$$= P_d = P_i = 75 \text{ MW}.$$

Prin instalarea unui nou grup de 25 MW $P_d = P_i = 100$ MW, între 1 septembrie — 31 decembrie.

Cele trei grupuri se planifică pentru reparație în luna aprilie, iunie și iulie.

Scanned with OKEN Scanner

La C.T.E 2

$P_i = 60$ MW; $P_d = 55$ MW; pînă la 1 mai cînd se defectează un grup de 20 MW și rămîne neutilizat pînă la sfîrșitul anului.

Repararea grupurilor se planifică astfel: un grup în mai și un grup în august.

La C.T.E 3

$P_i = P_d = 36$ MW din ianuarie pînă la 1 iulie, cînd se demontează un grup de 12 MW și capătă o altă întrebuințare.

Planul de reparații: un grup în martie, un grup în septembrie, un grup în octombrie.

Energia produsă la vîrful sistemelor este 1.151.500 MWh.

Se cere:

1. Trasarea graficelor puterilor instalate, disponibile și utilizabile în cursul unui an pentru fiecare centrală în parte și pentru sistemul energetic. Curba clasată a puterilor instalate, disponibile și utilizabile a sistemului energetic.
2. Calcularea $P_{i\ med}$; $P_{d\ med}$; $P_{u\ med}$ în cursul unui an.
3. Calcularea indicilor de reducere a puterii la vîrf, de rezervă, de aplatisare a curbei de sarcină și stabilirea numărului de ore de utilizare a puterii medii instalate, cînd energia produsă anual de centrale este de 807 000 MWh.
4. Comentarea rezultatelor.

Rezolvare

1. Graficele puterilor instalate (P_i), disponibile (P_d) și utilizabile (P_u) la nivelul centralelor considerate se pot urmări în figura 23 a. Curbele pentru P_i, P_d, P_u pentru sistemul energetic sînt trasate în figura 23 b. Curbele clasate ale puterilor P_i, P_d, P_u se pot urmări pe figura 23 c.

2.

$$P_{i med} = \frac{\sum_1^n P_i T_i}{T_c} = \frac{171 \cdot 4344 + 159 \cdot 1488 + 184 \cdot 2928}{8760} = 173 \text{ MW};$$

$$P_{d\ med} = \frac{\sum_1^n P_d \cdot T_d}{T_c} = \frac{161 \cdot 2880 + 151 \cdot 1464 + 139 \cdot 1488 + 164 \cdot 2928}{8760} = 156{,}5 \text{ MW}$$

$$P_{u\ med} = \frac{\sum_1^n P_u T_u}{T_c} =$$

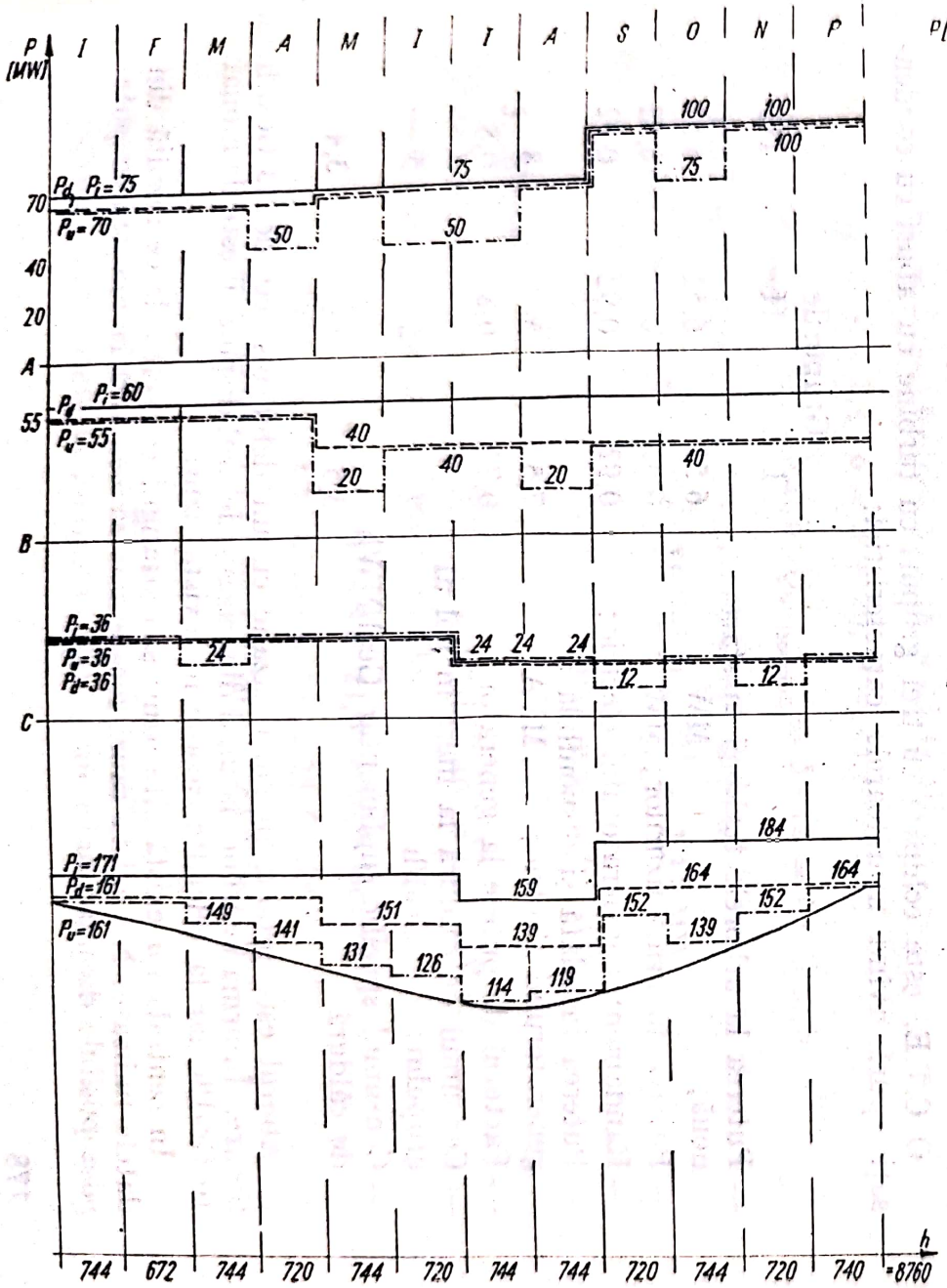
$$= \frac{161 \cdot 1416 + 744(149 + 131 + 114 + 119 + 139 + 164) + 720(141 + 126 + 152 + 152)}{8760} = 141{,}5 \text{ MW};$$

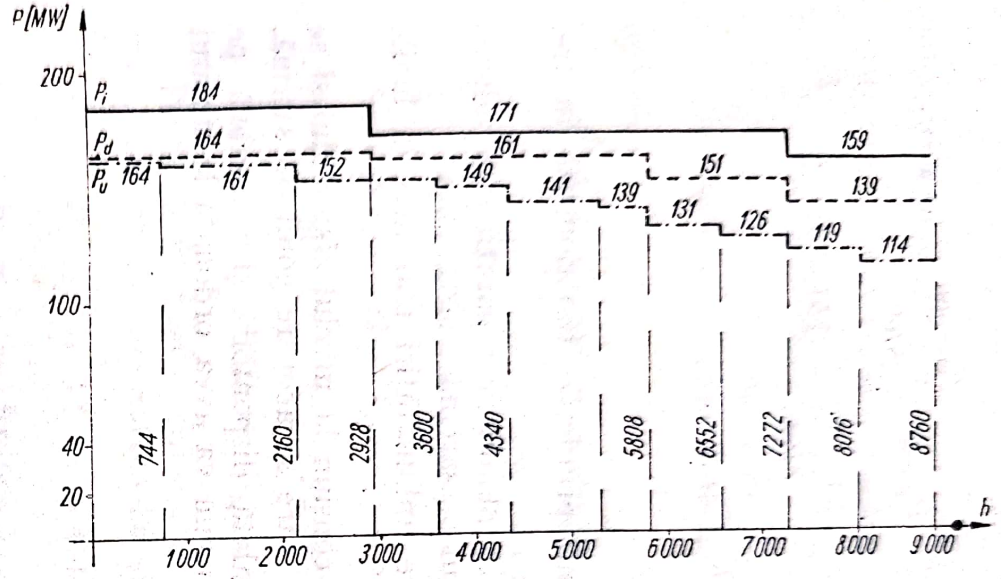
3.

$$f_{r\ \text{reducere}} = \frac{P_{i\ med}}{P_i} = 1 - r_{ed} \cdot r_d \cdot r_i = 1 - \frac{P_{eu\ med}}{P_{i\ med}} =$$

$$= 1 - \frac{141{,}5}{173} = 1 - 0{,}85 = 0{,}155;$$

Scanned with OKEN Scanner





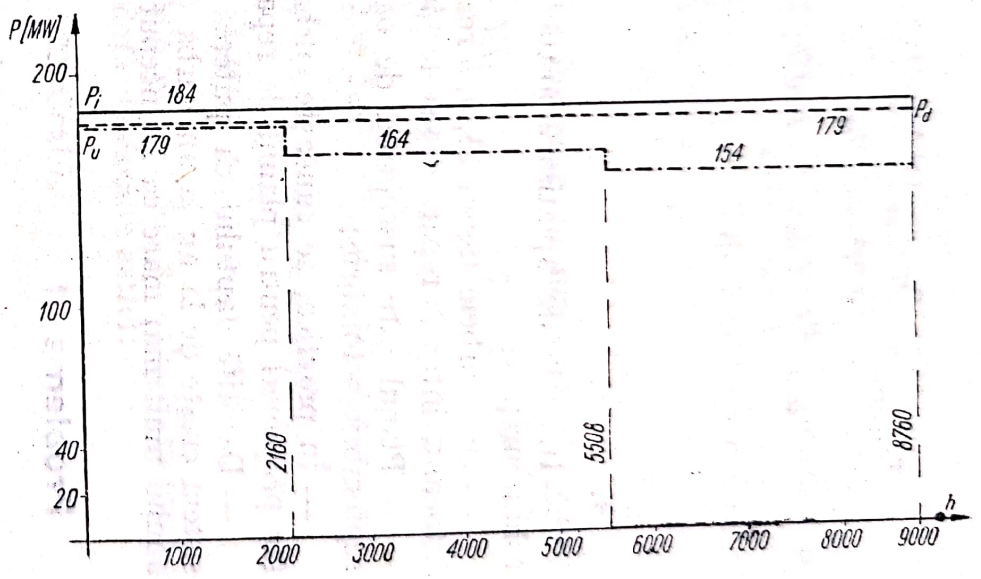


Fig. 23, *a*, *b*, *c*

Scanned with OKEN Scanner

$$r_{v\,\text{rezerva}} = \frac{P_{eu\,v}}{P_{p\,med}} = \frac{141,5}{P_{pm}} = \frac{141,5}{92} = 1,55;\quad P_{p\,med} = \frac{807\,000}{8760} = 92\ \text{MW};$$

$$a = \frac{P_{p\,med}}{P_{p\cdot v}} = \frac{92}{131,8} = 0,7;\quad P_{p\cdot v} = \frac{1\,151\,500}{8760} = 131,8\ \text{MW};$$

$$t_i = \frac{E_p}{P_{i\,med}} = \frac{807.000}{173} = 4670\ \text{ore};$$

4.

— Indicele de aplatisare arată că întreprinderile funcționează în trei schimburi;

— Din curbele figura 23, *a*, *b* rezultă că planul de reparații este judicios întocmit, întrucît reparațiile se fac în golul de sarcină a sistemului;

— Planul este susceptibil de oarecare îmbunătățiri mai ales în lunile septembrie-octombrie;

— În practică, se cunoaște curba de consum la nivelul sistemului și se fac propuneri pentru planul de reparații, care să acopere golul de sarcină.

— Datorită faptului că puterea instalată disponibilă și utilizabilă pe sistem crește de la an la an curba de consum va avea ordonata la sfîrșitul anului mult mai mare ca la început.

Problema 41

O C.T.E. este echipată cu trei grupuri cu turbine cu aburi cu condensație pură avînd următoarele caracteristici:

	Grupurile		
	I	II	III
— Puterea la arborele turbinei în stare nouă; MW	6,52	6,52	6,52
— Puterea în urma uzurilor; MW	6,52	6	6,52
— Randamentul generatorului electric;	0,92	0,92	0,92
— Puterea instalată și disponibilă a generatorului electric; MVA	7,5	5	8
— Factorul de putere la generator;	0,75	0,8	0,8
— Consumul de căldură la mers în gol al grupului; Gcal/h	4	5	5
— Consumul specific suplimentar Gcal/MWh de căldură.	3,5	3,6	3,4

Aburul este produs în cinci cazane cu un debit instalat de 13 Gcal/h fiecare. În urma uzurilor, la unul din cazane debitul disponibil este de numai 10 Gcal/h, iar la celelalte cazane nu există uzuri.

În centrală nu există alte uzuri sau strangulări decît cele ce rezultă din datele indicate. Nu există cauze locale care să conducă la micșorarea puterilor posibile de produs.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine:

1. Puterea instalată a fiecărui grup și a centralei electrice.
2. Puterea disponibilă și efectiv disponibilă a fiecărui grup precum și a centralei electrice.
3. Măsurile ce trebuie luate pentru aducerea puterii disponibile a centralei la egalitate cu puterea ei instalată.

Rezolvare

1. Pentru grupuri și centrală puterile instalate au următoarele valori:

$$P_{i_1} = P_{i_2} = P_{i_3} = 6{,}52 \cdot 0{,}92 = 6 \text{ MW}; \quad P_i^c = 3 \cdot 6 = 18 \text{ MW}.$$

2. Puterea disponibilă pentru grupuri și centrală se calculează astfel:

$$P_{d_1} = 6{,}52 \cdot 0{,}92 = 6; \quad P_{d_2} = 6 \cdot 0{,}92 = 5{,}52; \quad P_{d_3} = 6{,}52 \cdot 0{,}92 = 6$$

$$P_{d_1} = 7 \text{ MW}. \qquad P_{d_2} = 5 \text{ MW}. \qquad P_{d_3} = 8 \text{ MW}.$$

$$P_{d_1} = P_{ed_1} = 6 \text{ MW}; \; P_{d_2} = P_{ed_2} = 5 \text{ MW}; \; P_{d_3} = P_{ed_3} = 6 \text{ MW}.$$

Pentru a determina puterea disponibilă pe centrală se calculează cantitatea de abur necesară turbinelor și cea dată de cazane astfel:

$$Q_{h_1} = 4 + 3{,}5 \cdot 6 = 4 + 21 = 25 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_2} = 5 + 3{,}6 \cdot 5 = 5 + 18 = 23 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_3} = 5 + 3{,}4 \cdot 6 = 5 + 20,\ 4 = 25{,}4 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{t\ \text{necesar}} = 73{,}4 \text{ Gcal/h}; \; Q_{h\ \text{disponibil}} = 5 \cdot 13 = 65 \text{ Gcal/h}.$$

Deficitul de abur: $Q_d = 73{,}4 - 65 = 8{,}4$ Gcal/h

Se scade puterea pe grupul II cu $P = \frac{8{,}4}{3{,}6} = 2{,}33$ MW

$$P_d^{\text{centrală}} = 6 + (5 - 2{,}33) + 6 = 15{,}67 \text{ MW}.$$

3. *Măsuri:*

— Înlocuirea generatorului 2 cu altul la care $S = 6$ MVA;
— Creșterea capacității sălii cazanelor.

$$Q_{h_2} = 5 + 3{,}6 \cdot 6 = 5 + 21{,}6 = 26{,}6 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_1} = 4 + 3{,}5 \cdot 6 = 4 + 21 = 25 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_3} = 5 + 3{,}4 \cdot 6 = 5 + 20{,}4 = 25{,}4 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_t} = 77 \text{ Gcal/h};$$

Surplusul de abur: $Q_p = 77 - 65 = 12$ Gcal/h.
Se recomandă montarea unui nou cazan cu un debit nominal de 13 Gcal/h.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 42

O C.T.E. este echipată cu 4 grupuri cu turbine de abur cu condensație pură ale căror caracteristici se dau astfel:

Tabelul 45

Nr. grupurilor Mărimile	G-I	G-II	G-III	G-IV
— Puterea instalată	50	50	25	25
— Puterea economică	40	40	20	20
— Consumul orar de mers în gol Gcal/h	15	13	9	11
— b_1 pentru $P \leqslant P_{ec}$ (Gcal/MWh)	2,9	2,85	3,1	3,1
— b_2 pentru $P > P_{ec}$ (Gcal/MWh)	3,15	3,25	3,35	3,45

În centrală există patru cazane cu un debit nominal de 100 Gcal/h care debitează pe o conductă colectoare de unde se alimentează grupurile.

Nu există uzuri ale instalațiilor, nici cauze locale care să reducă puterea posibilă de produs. Nu există alte strangulări, decît cele ce rezultă din datele din tabel.

Să se determine:

1. Puterea instalată; disponibilă și efectiv disponibilă a centralei.
2. Puterea utilizabilă și efectiv utilizabilă cînd un cazan și grupul I sînt în reparație.

Rezolvare

1. Puterea instalată pe centrală $P_{ic} = \sum_{1}^{4} P_{i\,gr} = 150$ MW.

Puterea disponibilă și efectiv disponibilă se determină plecînd de la calculul cantităților de abur preluate de grupuri.

$$Q_h = a + b_1 P_{ec} + b_2 (P - P_{ec}).$$

$$Q_{h_1} = 15 + 2{,}9 \cdot 40 + 3{,}15 \cdot 10 = 15 + 116 + 31{,}5 = 162{,}5 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_2} = 13 + 2{,}85 \cdot 40 + 3{,}25 \cdot 10 = 13 + 114 + 32{,}5 = 159{,}5 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_3} = 9 + 3{,}1 \cdot 20 + 3{,}35 \cdot 5 = 9 + 62 + 16{,}75 = 87{,}75 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{h_4} = 11 + 3{,}1 \cdot 20 + 3{,}45 \cdot 5 = 11 + 62 + 17{,}25 = 90{,}25 \text{ Gcal/h};$$

$$Q_{\text{total necesar}} = 500 \text{ Gcal/h}$$

Cantitatea de abur disponibilă:

$$Q_{h\,\text{disp}} = 4 \cdot 100 = 400 \text{ Gcal/h}.$$

Întrucît aburul produs de cazane nu satisface necesarul pentru grupuri, se reduce puterea pe grupuri pînă la puterea economică.

Scanned with OKEN Scanner

Se scade cantitatea de abur pentru puteri ce depășesc P_{ec} și rezultă:

$$Q_h = 31{,}5 + 32{,}5 + 16{,}75 + 17{,}25 = 98{,}00 \text{ Gcal/h}.$$

Mai trebuie scăzut 2 Gcal/h pentru a consuma doar 400 Gcal/h de care dispunem. Se scade pe unul din grupurile de 25 MW care are caracteristici egale relativ ($b_1^3 = b_1^4 = 3{,}1$ Gcal/MWh)

$$P = \frac{2 \text{ Gcal/h}}{3{,}1 \frac{\text{Gcal/h}}{\text{MW}}} = 0{,}655 \text{ MW}$$

deci:

$$P_d = 150 - (10 + 10 + 5 + 5 + 0{,}655) = 150 - 30{,}655 = 119{,}345 \text{ MW}.$$

Altă soluție pentru determinarea puterii disponibile:

Se scoate complet grupul IV $P = 25$ MW; $Q = 90{,}25$ Gcal/h. Deci $(100 - 90{,}25) = 9{,}75$ Gcal/h trebuie scăzut pe grupul III. $P_{III} = \frac{9{,}75}{3{,}35} = 2{,}91$ MW. Scăderea totală de putere 25 MW + 2,91 = 27,91 MW, mai mică decît în cazul precedent. Deci:

$$P_d = 150 - 27{,}91 = 122{,}09 \text{ MW} = P_{ed}.$$

2. Puterea utilizabilă și efectiv utilizabilă.
Ținînd cont că se scoate în reparație grupul 1 și un cazan rezultă:

$$Q_{h\text{necesar}} = Q_{h_2} + Q_{h_3} + Q_{h_4} = 159{,}5 + 87{,}75 + 90{,}25 = 337{,}5 \text{ Gcal/h},$$

$$Q_{h\text{disponibil}}^{\text{cazan}} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ Gcal/h}.$$

Deficit de abur $Q_n^d = 337{,}5 - 300 = 37{,}5$ Gcal/h.
Se scot cîte 5 MW pe grupul III și IV ceea ce reduce consumul de abur cu:

$$Q = 16{,}75 + 17{,}25 = 34 \text{ Gcal/h}.$$

Mai trebuie scăzut $(37{,}5 - 34) = 3{,}5$ Gcal/h pe grupul II.

$$P_{II} = \frac{3{,}5}{3{,}25} = 1{,}08 \text{ MW}.$$

Deci:

$$P_{eu} = 50 + 2 \cdot 25 - (2 \cdot 5 + 1{,}08) = 100 - 11{,}08 = 88{,}92 \text{ MW}$$

$$P_{eu} = P_u = 88{,}92 \text{ MW}.$$

Problema 43

Într-o C.T.E. sînt instalate trei grupuri cu $P_i = 50$ MW fiecare.
Anual centrala produce $E = 800 \cdot 10^6$ kWh.
Puterea maximă a centralei $P_{max} = 135000$ kW.
Timpii de funcționare a fiecărui agregat în parte se dau astfel:
$t_1 = 8000$ h/an; $t_2 = 6600$ h/an; $t_3 = 5400$ h/an.

Scanned with OKEN Scanner

Se cere:

1. Energia electrică emisă de centrală considerînd că în centrală se consumă 10% din energia produsă.
2. Energia electrică vîndută consumatorilor cunoscînd că pierderile în rețele nu depășesc 10% din energia transportată.
3. Indicii de utilizare și indicii complementari ai instalației analizate.
4. Să se stabilească dependența analitică dintre indicatorii calculați.

Rezolvare

1. $E_p = 800 \cdot 10^6$ kWh;

$$E_{bare\ CTE} = E_{emisă} = (E_p - E_{cpt}) \cdot 0{,}9 = 800 \cdot 10^6 \cdot 0{,}9 = 720 \cdot 10^6 \text{ kWh};$$

$$E_{cpt} = 10\%\ E_p = 0{,}1 \cdot 800 \cdot 10^6 = 80 \cdot 10^6 \text{ kWh};$$

2. $E_c = E_{bare\ CTE} - E_{cp\ rețele} = 720 \cdot 10^6 - 72 \cdot 10^6 = 648 \cdot 10^6$ kWh;

$$E_v = E_{livrat} - E_{cpt} = 648 \cdot 10^6 - 32{,}4 \cdot 10^6 = 615{,}6 \cdot 10^6 \text{ kWh}.$$

$E_{cpt\ c} = 5\%$ E livrat = energia consumată în atelierele întreprinderilor de distribuire a electricității.

3. $K_{cx}^{va} = T_{ef} = \dfrac{50 \cdot 8000 + 6600 \cdot 50 + 5400 \cdot 500}{150} = \dfrac{\Sigma P_i T_{ef}}{\Sigma P_i} = 6660$ h/an;

$$K_{ex\%}^{vr} = \frac{t_{ef}}{t_{cal}} \cdot 100 = \frac{6600}{8760} \cdot 100 = 76\%;$$

$$K_{ints}^{va} = \frac{E_p}{t_{ef}} \text{ sau; } \frac{E_p}{t_{cal}};$$

$$K_{ints}^{vr} = \frac{8000 \cdot 10^6}{6600} = 120 \cdot 10^3 \text{ kW};$$

$$K_{int\%}^{vr} = \frac{120 \cdot 10^3}{3 \cdot 50 \cdot 10^3} = \frac{120}{150} \cdot 100 = 80\%;$$

$$K_{intg}^{va} = E_p = 800 \cdot 10^6 \text{ MWh}.$$

$K_{intg} = K_{ext} \cdot K_{ints}$

$$K_{intg}^{vr} = 60 \cdot 77\% \frac{1}{100} = 60{,}8\%;$$

$$a = \frac{P_{p\ med\ cal}}{P_{p \cdot v}} = \frac{E_p}{t_{cal}} \cdot \frac{1}{P_{p \cdot v}} = \frac{90 \cdot 10^3}{135 \cdot 10^3} = 0{,}67;$$

$$K_{intg}^{vr} = 0{,}608 \qquad a = 0{,}67;$$

$$t_i = \frac{E_p}{P_i} = \frac{800 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^3} = 5225 \text{ h/an};$$

$$t_i = K_{intg}^{vr}\ t_{cal} = 0{,}608 \cdot 8760 = 5225 \text{ h/an};$$

$$t_v = \frac{E_p}{P_{p \cdot v}} = \frac{800 \cdot 10^6}{135 \cdot 10^3} = 5820 \text{ h/an};$$

$$t_v = a \cdot t_{cal} = 0{,}67 \cdot 8760 = 5820 \text{ h/an}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Factorii de reducere și de rezervă a puterii la vîrf:

$$r_v = \frac{P_i - P_{dv}}{P_{dv}} = \frac{150 - 135}{150} = 0{,}1 \to 10\%$$

$$P_{dv} < P_i \quad f_{rez} = 10\%$$

$$f_r = \frac{P_{dv} - P_v}{P_v} = -0{,}1 \text{ dacă} \quad P_{dv} = P_v \quad f_{rez} = 0,$$

$$P_{dv} > P_v \quad f_{rez} < 0 \text{ strangulări.}$$

Dacă apare un factor de reducere $r_v = 10\%$ nu putem avea decît rezerva negativă.

4. $P_v = P_i \frac{1 - r_v}{1 + fr}$;

$f_r = (1 - r_{ed} \cdot r_d \cdot r_i) = (1 + r_t)$;

$r_t = r_{ed} \cdot r_d \cdot r_i = \frac{P_{eu}}{P_i}$;

$r_{ed} = \frac{P_{eu}}{P_{ed}}$ (efectul reparațiilor),

$r_d = \frac{P_{ed}}{P_d}$ (efectul condițiilor locale);

$r_i = \frac{P_d}{P_i}$ (efectul uzurii și strangulărilor);

$f_r = 1 - \frac{P_{eu}}{P_i}$;

$a = K^{vr}_{intg} \cdot \frac{1 + f_r}{1 - r_v}$; $K^{vr}_{intg} = a \cdot \frac{1 - r_v}{1 + f_r}$;

$a = \frac{1}{s} \cdot \frac{E_p}{t_{cal} \sum P_{v\,consumator}}$; $t_i = t_v \cdot \frac{r_v}{f_r}$.

$s = \frac{P_{pv}}{\sum_1^n P_{ac}} = (0{,}3 - 0{,}4)$ pentru un sistem suficient de puternic.

$f_r = \frac{P_{eu}}{P_{pv}}$.

Problema 44

Se consideră o Centrală electrică cu 4 grupuri turbogeneratoare cu următoarele puteri instalate:

a) grupurile I și II cu $P_i = 12$ MW fiecare;

b) grupurile III și IV cu $P_i = 6$ MW fiecare;

Scanned with OKEN Scanner

Timpii de funcționare pe grup:

$$t_1 = 8\,760 \text{ h/an}; \; t_2 = 6\,000 \text{ h/an}; \; t_3 = 3\,500 \text{ h/an}; \; t_4 = 0.$$

Energia produsă de centrală este egală cu 130 100 MWh

Să se determine:

1. Indicii de utilizare extensivă, intensivă și integrală a capacității de producție pe centrală.
2. Care este energia maximă și cea maximă maximorum cînd grupul al patrulea ar putea funcționa normal.
3. Noile valori ale indicilor de folosire a capacității de producție și indicarea valorii lor maxime posibile.

Rezolvare

$$K_{ext}^{va} = \frac{\sum_1^n P_{ik} \cdot T_{efk}}{\sum P_{ik}} = \frac{12 \cdot 8760 + 6000 \; (12 + 6 \cdot 0 + 6\,350)}{12 + 12 + 6 + 6} = 5\,500 \text{ h/an};$$

$$K_{ext}^{vr} = \frac{\sum P_i \cdot T_{ef}}{\sum P_i T_{cal}} = \frac{12\,(8760 + 6000) + 6\,(3500 + 0)}{2 \cdot 12 \cdot 8760 + 2 \cdot 6 \cdot 8760} = 0{,}628;$$

$$K_{ints}^{va} = \frac{\sum P_{ef} \cdot T_{ef}}{\sum T_{ef}} = \frac{130 \cdot 10^6}{5\,550} = 23{,}620 \text{ kW} = P_{p \text{ med ef}};$$

$$K_{ints}^{vr} = \frac{P_{p \text{ med ef}}}{P_i} = \frac{23 \cdot 620}{36 \cdot 10^3} = 0{,}656;$$

$$K_{intg}^{va} = P_{p \text{ med ef}} \cdot T_{ef} = 130 \cdot 10^6 \text{ kWh}.$$

$$K_{intg}^{vr} = K_{ext}^{vr} = 0{,}628 \cdot 0{,}656 = 0{,}412.$$

2. $$E_{max} = \sum_1^4 P_{ik} \cdot T_{ef\,k} = 12(8\,760 + 6\,000) + 6(3\,500 + 8\,760) =$$

$$= 178 \cdot 10^3 + 73{,}5 \cdot 10^3;$$

$$E_{max} = 251{,}5 \cdot 10^3 \text{ MWh /an} = 251{,}5 \cdot 10^6 \text{ kWh/an};$$

$$E_{max\,max} = (12 + 12 + 6 + 6)\; 8\,760 = 315 \cdot 10^3 \text{ MWh/an} = 315 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}.$$

3. $$K_{ext}^{vr} = \frac{E_{max} \cdot 100}{E_{max\,max}} = \frac{251{,}5 \cdot 10^6 \cdot 100}{315 \cdot 16^6} = 0{,}79;$$

$$K_{ints}^{vr} = \frac{E_{ef} \cdot 100}{E_{max}} = \frac{130 \cdot 10^6}{251{,}5 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0{,}519;$$

$$K_{intg}^{vr} = K_{ext}^{vr} \cdot K_{ints}^{vr} = 0{,}79 \cdot 0{,}519 = 0{,}412.$$

Scanned with OKEN Scanner

Problema 45

În cursul unui an, un sistem energetic a fost caracterizat prin următoarele elemente:

— Puterea instalată $P_i = 1\,425$ MW în primele 8 luni ale anului și de 1500 MW în restul anului.

— Puterea produsă maximă pe sistem a fost de 1200 MW și a avut loc la 28 decembrie.

— La data de 28 decembrie, suma puterilor maxime solicitate nesimultan de consumatori a fost de 1 600 MW, iar puterea efectiv utilizabilă a centralelor electrice din sistem a însumat 1 380 MW.

— Energia electrică produsă în cursul anului în centralele sistemului a fost de 6 307 200 MWh.

Să se determine:

1. Factorul de aplatisare și cel de simultaneitate la vîrful anual de sarcină.
2. Factorul de rezervă și cel de reducere a puterii la vîrful anual al sistemului.
3. Indicatorul integral de utilizare a capacității de producție.
4. Durata de utilizare a puterii instalate.

Rezolvare

1. $a = \dfrac{P_{p\,\text{med.cal}}}{P_{pv}} = \dfrac{720}{1200} = 0{,}60;$

$$P_{p\,\text{med}} = \frac{1\,425 \times 8 + 1\,500 \times 4}{12} = \frac{11\,400 + 6\,000}{12};$$

$$P_{p\,\text{med}} = \frac{174000}{12} = 1\,455 \text{ MW};$$

$$P_{p\,\text{med.cal}} = \frac{6\,307\,200}{8760} = 720 \text{ MW};$$

$$S_v = \frac{P_{p\cdot v}}{P_{\text{consumator}}} = \frac{1200}{1600} = 0{,}75.$$

2. $f_{\text{reducere}} = \dfrac{P_{i\cdot v} - P_{eu\cdot v}}{P_{eu\cdot v}} = \dfrac{1500 - 1380}{1380} = \dfrac{120}{1380} = 0{,}097;$

$$f_{\text{rezervă}} = \frac{P_{eu\cdot v} - P_{p\cdot v}}{P_{p\cdot v}} = \frac{1380 - 1200}{1200} = \frac{180}{1200} = 0{,}15.$$

3. $K_{\text{integ}} = \dfrac{E_{ef}}{P_{i\,\text{med}} \cdot T_{cal}} \cdot 100 = \dfrac{6\,307\,200}{1450 \cdot 8760} \cdot 100 = 49{,}6\%;$

$$K_{\text{integral}} = a \cdot \frac{P_{i\cdot v}}{P_i} \cdot \frac{1 - f_{red_v}}{1 + f_{rez_v}} \cdot 100 = 0{,}6 \cdot \frac{1500}{1425} \cdot \frac{1 - 0{,}097}{1 + 0{,}015} \cdot 100 = 49{,}6\%.$$

4. $T_{u_i} = \dfrac{K_{\text{integral}}}{100} \cdot T_{\text{cal}} = \dfrac{49{,}6}{100} \cdot 8760 = 4340$ h/an.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 46

Într-o centrală electrică există trei grupuri turbogeneratcare unul de 25 MW și două de 12 MW. Pentru acoperirea sarcinii de noapte funcționează grupul 3 cu $P = 25$ MW încărcat la 20 MW. Către ora 7 dimineața sarcina crește la 35 MW, iar la ora 21 există un consum de 44 MW. Caracteristicile energetice ale grupurilor se dau astfel:

$$Q_{h_1} = 5{,}45 + 3{,}67\ P; \qquad Q_{h_2} = 4{,}77 + 3{,}92\ P$$

$$Q_{h_3} = 8 + 3\ P_{ec} + (3{,}7 - 3)\ (P - P_{ec});\ P_{ec} = 20\ \text{MW}$$

Să se determine:

1. Puterile de intersecție a caracteristicilor energetice analitic și grafic.
2. Grupurile care trebuie puse în funcțiune în momentul creșterii sarcinii.
3. Repartiția economică a sarcinii pe cele trei grupuri ale centralei în cazul cererii maxime de putere.

Rezolvare

1. Puterile punctelor de intersecție rezultă din egalarea caracteristicilor energetice.

$$Q_{h_1} = Q_{h_2} \quad a_1^{(1)} + b_1^{(1)} + P_0 = a_1^{(2)} + b_1^{(2)} P_0 \qquad P_0^{1-2} = \frac{a_1^{(1)} - a_1^{(2)}}{b_1^{(2)} - b_2^{(1)}} =$$

$$= \frac{5{,}45 - 4{,}77}{3{,}92 - 3{,}67} = 2{,}72\ \text{MW}$$

$$Q_{h_1} = Q_{h_3}\ a_1^{(1)} + b_1^{(1)} P_0 = a_1^{(3)} + b_1^{(3)}\ P_0$$

$$P_0^{1-3} = \frac{a_1^{(3)} - a_1^{(1)}}{b^{(1)} - b_1^{(3)}} = \frac{8 - 5{,}45}{3{,}67 - 3} = 3{,}5\ \text{MW}.$$

$$Q_{h_2} = Q_{h_3} \quad a_1^{(2)} + b_1^{(2)} P_0 = a_1^{(3)} + b_1^{(3)} P_0$$

$$P_0^{2-3} = \frac{a_1^{(3)} - a_1^{(2)}}{b_1^{(2)} - b_1^{(3)}} = \frac{8 - 4{,}77}{3{,}92 - 3} = 4{,}05\ \text{MW}.$$

2. Criterii de alegere a grupurilor pentru pornirea de la rece și pentru încărcare.

$P < P_0$ Se alege grupul care are consumul la mers în gol cel mai mic (a)
$P > P_0$. Se alege grupul care are consumul specific suplimentar cel mai mic(b).
Ordinea de preferință a pornirii grupurilor din rezerva caldă arată astfel:

0 — 2,72 MW gr. II;
2,72 — 3,5 MW gr. I;
3,5 — 4,05 MW gr. III.

3. Încărcarea grupurilor se face după următoarea schemă:

0 — 25 MW gr. III;
25 — 35 MW gr. I;
35 — 40 MW gr. III;
40 — 50 MW gr. II.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se analizează datele atunci pentru dispecer este suficient un tabel de forma:

Tabelul 46

			III	I	III	II	Obs.
	b		3	3,67	3,7	3,92	
		a	8	5,45	—	4,79	
III	3	8	∞	4,05	—	3,5	
I	3,67	5,45	4,05	∞	—	2,72	
III	3,7	—	—	—	∞	—	
II	3,92	4,79	3,5	2,72	—	∞	

Diagramele pentru determinarea lui P_0 și pentru ordinea pornirii și încărcării grupurilor se dau în figura 24, *a*, *b*, *c*.

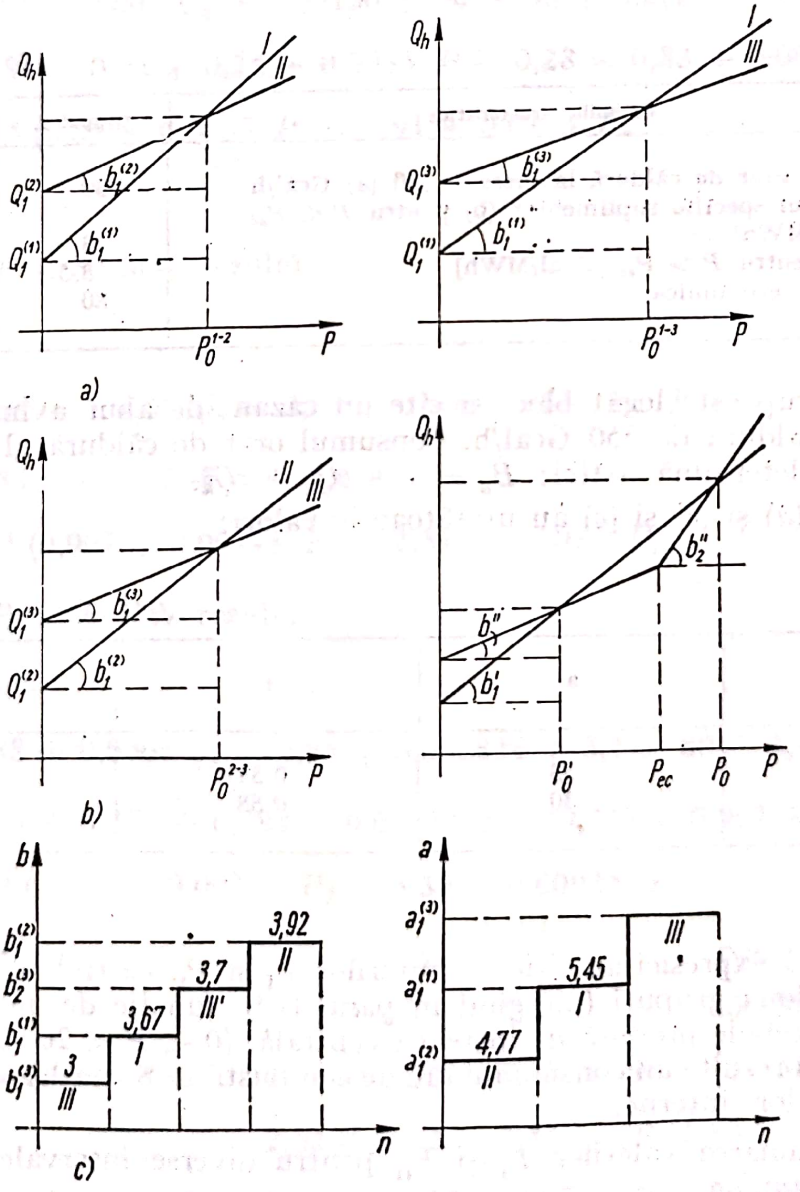


Fig. 24, *a*, *b*, *c*

Criteriile de repartiție a sarcinilor pentru grupurile în funcțiune:

a. Consum specific suplimentar cel mai mic.

b. Q_h = minim (cel mai mic consum de abur).

c. B = minim (consum de combustibil minim).

d. p_c = minim (cost minim al energiei).

e. Z = minim (cheltuielile totale de producție minime).

Problema 47

O C.T.E. este echipată cu două grupuri electrogene cu turbine de abur cu condensație de cîte 100 MW fiecare, ale căror caracteristici se dau astfel:

Tabelul 47

Nr. crt.	Mărimile caracteristice	Grupul I	Grupul II
1	Consum orar de căldură la mers în gol (a) Gcal/h	30	34
2	Consumul specific suplimentar (b) pentru $P \leqslant P_{ec}$ [Gcal/MWh]	3	3,1
3	Idem pentru $P > P_{ec}$ [Gcal/MWh]	3,5	3,4
4	Puterea economică.	80	80

Fiecare grup este legat bloc cu cîte un cazan de abur avînd un debit nominal de căldură de 350 Gcal/h. Consumul orar de căldură al unui cazan de abur se determină astfel: $B_h = a + bQ_h + cQ_h^2$.

Mărimile (a) și (b) și (c) au următoarele valori:

Tabelul 48

	a	b	c
Cazanul I	33	0,84	0,0005
Cazanul II	30	0,88	0,0004

Se cere:

1. Scrierea expresiei analitice a puterilor P_I și P_{II} ce trebuie repartizată celor două grupuri (mergînd în paralel) în funcție de puterea totală P ce trebuie produsă de întreaga centrală. ($0 < P < 200$ MW), astfel încît să rezulte un consum minim de combustibil. Se neglijează influența serviciilor interne.
2. Determinarea valorilor P_I și P_{II} pentru diverse intervale de variație a sarcinii.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

Blocul I

Pentru $P \leqslant 80$ MW; $e_{maş} = 3$ rezultă:

$$e_{caz} = 0{,}84 + 0{,}001\ Qh = 0{,}84 + 0{,}001\ (30 + 3P) = 0{,}84 + 0{,}03 + 0{,}03\ P;$$

$$e_{bloc} = 3(0{,}87 + 0{,}003\ P) = 2{,}61 + 0{,}009\ P.$$

Pentru $P > 80$ MW rezultă:

$$e_{maş} = 3{,}5;$$

$$e_{caz} = 0{,}84 + 0{,}001\ Q_h + 0{,}00130 + 30 \times 80 + 3{,}5(P - 80) =$$

$$= 0{,}84 + 0{,}03 + 0{,}24 + 0{,}0035\ P - 0{,}28 = 0{,}83 + 0{,}0035\ P$$

$$e_{bloc} = 3{,}5\ (0{,}83 + 0{,}0035\ P) = 2{,}91 + 0{,}0123\ P.$$

Blocul II

Pentru $P < 80$ MW rezultă:

$$e_{maş} = 3{,}1;$$

$$e_{caz} = 0{,}88 + 0{,}0008\ Q_h = 0{,}88 + 0{,}0008\ (34 + 3{,}1\ P);$$

$$e_{caz} = 0{,}88 + 0{,}0272 + 0{,}00248\ P;$$

$$e_{bloc} = 3{,}1\ (0{,}907 + 0{,}00248\ P) = 2{,}81 + 0{,}0077\ P,$$

pentru $P > 80$ MW rezultă:

$$e_{maş} = 3{,}4;$$

$$e_{caz} = 0{,}88 + 0{,}0008\ Q_h = 0{,}88 + 0{,}000834 + 3{,}1 \times 80 + 3{,}4\ (P - 80);$$

$$e_{caz} = 0{,}88 + 0{,}272 + 0{,}198 + 0{,}00272\ P - 0{,}218 = 0{,}987 + 0{,}00272\ P;$$

$$e_{bloc} = 3{,}4\ (0{,}987 + 0{,}00272\ P) = 3{,}35 + 0{,}00925\ P,$$

	min	max	pentru
e_{b_1}	$= 2{,}61$	$2{,}61 + 0{,}72 = 3{,}33$	$P \leqslant 80$ MW
e_{b_1}	$= 2{,}91 + 0{,}98 = 3{,}89$	$2{,}91 + 1{,}23 = 4{,}14$	$P > 80$ MW
e_{b_2}	$= 2{,}81$	$2{,}81 + 0{,}62 = 3{,}43$	$P \leqslant 80$ MW
e_{b_2}	$= 3{,}35 + 0{,}74 = 4{,}09$	$3{,}35 + 0{,}925 = 4{,}27$	$P > 80$ MW

Scanned with OKEN Scanner

$$\Delta P_1 = \frac{2{,}81 - 2{,}61}{0{,}009} = \frac{0{,}2}{0{,}009} = 22{,}1 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{3{,}43 - 3{,}33}{0{,}0077} = \frac{0{,}1}{0{,}0077} = 13 \text{ MW}$$

$P = 0 \div 22{,}1$	$P_I = 0 \div 22{,}1$	$P_{II} = 0;$
$P = 22{,}1 \div 147$	$P_I = 22{,}1 \div 80$	$P_{II} = 0 \div 67;$
$P = 147 \div 160$	$P_I = 80$	$P_{II} = 67 \div 80;$
$P = 160 \div 176{,}3$	$P_I = 96{,}3$	$P_{II} = 80;$
$P = 176{,}3 \div 186$	$P_I = 96{,}3 \div 100$	$P_{II} = 80 \div 86;$
$P = 186 \div 200$	$P_I = 100$	$P_{II} = 86 \div 100.$

$$\Delta P_1' = \frac{4{,}09 - 3{,}89}{0{,}0123} = \frac{0{,}2}{0{,}0123} = 16{,}3;$$

$$\Delta P_2' = \frac{4{,}27 - 4{,}14}{0{,}00925} = \frac{0{,}13}{0{,}00925} = 14.$$

Pentru $P = (22{,}1 \div 147)$

$2{,}61 + 0{,}009\ P_1 = 2{,}81 + 0{,}0077\ (P - P_1)$. (fig. 25)

de unde:

$$P_I = 12 + 0{,}46\ P$$

$$P_{II} = 0{,}54\ P - 12.$$

Pentru $P = 176{,}3 \div 186$

$$2{,}91 + 0{,}0123\ P_1 = 3{,}35 + 0{,}00925(P - P_1)$$

$$P_I = \frac{3{,}35 - 2{,}91 - 0{,}00925\ P}{0{,}0123 - 0{,}00925} = 20{,}4 + 0{,}43\ P$$

$$P_{II} = 0{,}57\ P - 20{,}4$$

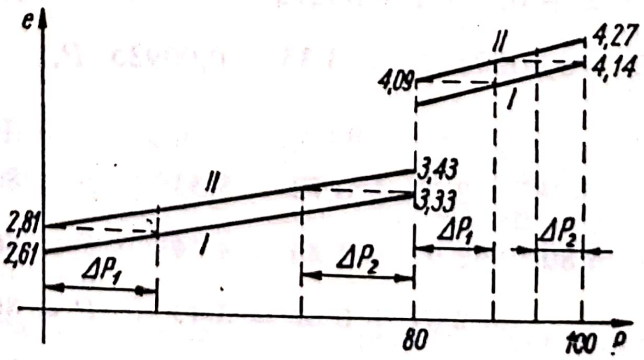


Fig. 25

Problema 48

O centrală termoelectrică este echipată cu două grupuri electrogene cu turbine cu condensație pură și două cazane de abur ale căror caracteristici se dau astfel:

a) Caracteristicile grupurilor:

	I	II	
— Puterea instalată (MW)	25	25	
— Consum orar de căldură la mers în gol	10	8	Gcal/h
— Creșterea specifică pentru $P \leqslant P_{ec}$	3,6	3,4	Gcal/MWh
— Idem pentru $P > P_{ec}$	—	4	Gcal/MWh
— Puterea economică (MW)	25	20	

b) Caracteristicile cazanelor:

	I	II	
— Debit instalat Gcal/h	100	100	
— Consumul specific suplimentar de combustibil pentru $Q \leqslant Q_{ec}$	1,08	1,1	Gcal
— Idem pentru $Q > Q_{ec}$	1,15	1,13	Gcal
— Debit economic Gcal/h	80	80	
— Debit minim necesar funcționării sigure Gcal/h	25	25	

Să se determine:

— Mărimea consumurilor specifice de combustibil pe ansamblul centralei, cînd puterea centralei variază între puterea minimă de produs și 50 MW considerînd cele două grupuri și cazane, funcționînd în paralel;
— Să se stabilească structura repartiției sarcinilor pe grupuri, pe cazane și la nivelul centralei electrice.

Rezolvare

Pentru grupuri se poate determina următoarea repartiție:

Tabelul 49

	e	P_1	P_2	P_h	Q_h
1)	3,4	0	0—20	0—40	18— 86
2)	3,6	0—25	20	20—25	86—176
3)	4	25	20—25	45—50	176—196

Pentru cazane se determină o repartiție de forma:

Tabelul 50

	e	Q_{h1}	Q_{h2}	Q_h	P
4)	1,08	25— 80	25	50—105	9,4—25,3
5)	1,1	80	25— 80	105—160	25,3—40,5
6)	1,13	80	80—100	160—180	40,5—46
7)	1,15	80—100	100	180—200	46 . . .

Scanned with OKEN Scanner

Consumurile de abur determinate cu ajutorul caracteristicelor energetice au următoarele valori:

1. $10 + 8 + 3{,}4 \times 20 = 10 + 8 + 68 = 86$ (Gcal/h);
2. $86 + 3{,}6 \times 25 = 86 + 90 = 176$ (Gcal/h);
3. $176 + 5 \times 4 = 176 + 20 = 196$ (Gcal/h);
4. $\frac{50 - 18}{3{,}4} = \frac{32}{3{,}4} = 9{,}4$ MW; $\frac{105 - 86}{3{,}6} = \frac{19}{3{,}6} = 5{,}3$; $5{,}3 + 20 = 25{,}3$ MW;
5. $\frac{160 - 86}{3{,}6} = \frac{74}{3{,}6} = 20{,}5$; $20{,}5 + 20 = 40{,}5$ MW;
6. $\frac{180 - 176}{4} = \frac{4}{4} = 1$; $1 + 45 = 46$ MW.

Repartiția economică are următoarea structură.

Tabelul 51

P_1	P_1	P_2	Q_{h1}	Q_{h2}	$e_{maș}$	e_{caz}	e_{CET}
9,4÷20	0	9,4÷20	25÷61	25	3,4	1,08	3,67
20 ÷25,3	0÷ 5,3	20	61÷80	25	3,6	1,08	3,89
25,3÷40,5	5,3÷20,5	20	80	25÷80	3,6	1,1	3,96
40,5÷45	20,5÷25	20	80	80÷96	3,6	1,13	4,07
45 ÷46	25	20÷25	80	96÷100	4	1,13	4,52
46 ÷50	25	21÷25	80÷96	100	4	1,15	4,6

Problema 49

O centrală termoelectrică este echipată cu două grupuri electrogene cu turbine cu aburi cu condensație pură de 50 MW fiecare și cu două cazane de abur de 200 Gcal/h fiecare. Consumul de combustibil al cazanelor în Gcal se determină cu relații de forma:

$B_1 = 9 + 1{,}07\ Q_{h_{t_I}} + 0{,}0010\ Q^2_{h_{t_1}}$ pentru cazanul 1

$B_2 = 9{,}75 + 1{,}05\ Q_{h_{t_2}} + 0{,}0011\ Q^2_{h_{t_2}}$ pentru cazanul 2

Q_{h_t} este sarcina cazanului în Gcal/h.

Caracteristicile energetice ale grupurilor se dau astfel:

$Q_{h_t} = 10 + 3{,}6\ P$ pentru grupul 1.

$Q_{h_t} = 13 + 3{,}5\ P$ pentru grupul 2, pentru $P \leqslant P_{ec}$.

$Q_{h_t} = 13 + 3{,}5\ P_{ec} + 3{,}7(P - P_{ec})$ pentru grupul 2 pentru $P > P_{ec}$.

În care P este puterea grupurilor în MW, iar P_{ec} este egal cu 40 MW. Consumul pentru serviciile interne se consideră egal cu zero.

Să se determine:

1. Grupul și cazanul care vor funcționa cînd centrala va produce săptămîni în șir o putere constantă egală cu 28 MW, 35 MW, 45 MW și 50 MW.
2. Repartiția sarcinii între cele două grupuri electrogene și cele două cazane, dacă puterea cerută centralei este de 60 MW.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

Puterile punctelor de intersecție ale caracteristicilor energetice.

$Q_{h_1} = Q_{h_2} \quad 10 + 3{,}6\ P = 13 + 3{,}5\ P;$

$Q_{h_1} = Q_{h_2} \quad 10 + 3{,}6\ P = 13 + 3{,}5\ P_{ec} + 3{,}7\ (P - P_{ec});$

Înlocuind $P_{ec} = 40$ MW rezultă:

$Q_{h_2} = 13 + 3{,}5 \cdot 40 + 3{,}7(P - 40) = 5 + 3{,}7\ P;$

Din egalități rezultă;

$$P_0^{12} = \frac{13 - 10}{3{,}6 - 3{,}5} = \frac{3}{0{,}1} = 30 \text{ MW};$$

$$P_0^{12} = \frac{10 - 5}{3{,}7 - 3{,}6} = \frac{5}{0{,}1} = 50 \text{ MW}.$$

Din egalitatea $B_1 = B_2$ rezultă:

$$9 + 1{,}07\ Q_{h_1} + 1 \cdot 10^{-3} Q_{h_{t_I}}^2 = 9{,}75 + 1{,}05\ Q_{h_{t_2}} + 1{,}1 \cdot 10^{-3}\ Q_{h_{t_2}}^2$$

$$1.\ 10^{-4}\ Q_{h_t}^2 - 0{,}02\ Q_{h_t} + 0{,}75 = 0;$$

$$Q_{h_t} = \frac{200 \pm 4 \cdot 10^4 - 4 \cdot 750}{2} = \frac{200 \pm 10^4}{2} = \frac{200 \pm 100}{2} = \begin{matrix} \nearrow 50 \\ \searrow 150 \end{matrix}$$

Reprezentarea grafică $B = f(Q_h)$ și $Q_h = f(P)$ arată astfel (fig. 26):

2. $P = 28$ MW gr. I $\quad Q_{h_I} = 10 + 3{,}6 \cdot 28 = 110{,}8$ (Gcal/h) cazan II

$P = 35$ MW gr. 2 $\quad Q_{h_2} = 13 + 3{,}5 \cdot 35 = 135{,}5$ (Gcal/h) cazanul II

$P = 45$ MW gr. 2 $\quad Q_{h_2} = 5 + 3{,}7 \cdot 45 = 171{,}5$ (Gcal/h) cazanul I

$P = 50$ MW gr. 2 $\quad Q_{h_2} = 5 + 3{,}7 \cdot 50 = 190$ (Gcal/h) cazanul I

$P = 60$ MW gr. 2 40 MW $Q_{h_2} = 13 + 3{,}5 \cdot 40 = 153$ (Gcal/h)

gr. 1 20 MW $Q_{h_1} = 10 + 3{,}6 \cdot 20 = 82$ (Gcal/h) $Q_{h_t} = 235$ Gcal/h.

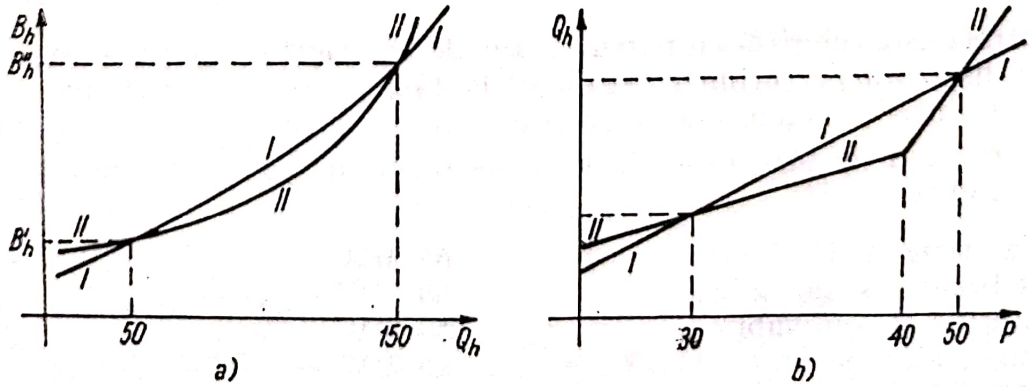


Fig. 26

Repartiția pe cazane este economică dacă se respectă condițiile:

$$b_c^1 = \frac{dB_1}{dQ_h} = 1{,}07 + 0{,}0020\ Q_{h_1};$$

$$b_c^2 = \frac{dB_2}{dQ_h} = 1{,}05 + 0{,}0022\ Q_{h_2}$$

$b_{c_1} = b_{c_2}$ deci $1{,}07 + 0{,}0020\ Q_{h_1} = 1{,}05 + 0{,}0022\ Q_{h_2}$;

$20\ Q_{h_1} - 22\ Q_{h_2} = 200$ $\qquad Q_{h_1} = 125{,}5$ Gcal/h;

$Q_{h_1} + Q_{h_2} = 235$ $\qquad Q_{h_2} = 109{,}5$ Gcal/h.

$P = 70$ MW — gr. 2 40 MW; gr. 1 30 MW;

$Q_{h_1} + Q_{h_2} = 281$ Gcal/h $\qquad Q_{h_1} = 128$ Gcal/gh;

$20\ Q_{h_1} - 22\ Q_{h_2} = 200$ $\qquad Q_{h_2} = 153$ Gcal/h.

Repartiția optimă a sarcinilor termice pe cele două cazane rezultă din egalitatea consumurilor specifice suplimentare ($b_{c_1} = b_{c_2}$).

Problema 50

O centrală termoelectrică este echipată cu trei grupuri antrenate de turbine de 25 MW.

Puterile aparente ale grupurilor și factorii de putere, precum și consumurile specifice suplimentare se dau astfel:

	gr. I	gr. II	gr. III
S_i MVA	32	35	24
cos Φ_n	0,78	0,8	0,75
a (Gcal/h), consum de mers în gol	8	7	9
Consumul specific suplimentar b_1 pentru $P \leqslant P_{ec}$	3,8	3,9	3,7
Consumul specific suplimentar b_2 pentru $P > P_{ec}$	—	—	4,4
Puterea economică	25	25	20

Centrala este echipată cu patru cazane de 280 Gcal/h. În urma unei avarii puterea disponibilă a turbinei *I* scade de la 25 la 23 MW. În rest nu se modifică datele inițiale și nu există cauze locale care să schimbe puterea disponibilă.

Pentru anul de plan centrala va avea o sarcină constantă pe luni după cum urmează:

— ianuarie și decembrie	65 MW
— februarie și noiembrie	60 MW
— aprilie și septembrie	50 MW
— mai, iunie și iulie	45 MW
— august	32 MW

Scanned with OKEN Scanner

Planul de reparații al centralei în anul pentru care este indicată încărcarea va fi:

— În luna mai grupul I și cazanul I;
— În luna iunie grupul II și cazanul II;
— În luna iulie grupul III și cazanul III;
— În luna august cazanul IV.

Fiecare reparație durează cîte o lună.

Să se calculeze:

1. Puterile (P_i, P_d, P_u) a grupurilor și a centralei;
2. Încărcarea grupurilor în lunile: (ianuarie, august) și în lunile (mai — august).
3. Indicii de utilizare K_{ext}, K_{ints}, $K_{integral}$ în ipoteza funcționării grupurilor unui număr egal de zile pe lună.

Rezolvare

Puterea instalată și disponibilă a grupurilor și a centralei

$$P_{i_I} = P_{i_{II}} = P_{i_{III}} = 25 \text{ MW} \qquad P_{i_c} = 3 \times 25 = 75 \text{ MW}$$

$$P_{d_I} = 23 \text{ MW}; \; P_{d_{II}} = 25 \text{ MW} \qquad P_{d_{III}} = 24 \text{ MW}$$

Pentru a stabili puterea disponibilă pe centrală se determină cantitatea de abur pe care o preiau turbinele în comparație cu cea produsă de cazane.

$$Q_{h_t} = Q_{h_I} + Q_{h_{II}} + Q_{h_{III}} = 300{,}6 \text{ (Gcal/h)}$$

$$Q_{h_1} = 8 + 3{,}8 \times 23 = 95{,}5 \text{ (Gcal/h)}$$

$$Q_{h_2} = 7 + 3{,}9 \times 25 = 104{,}5 \text{ (Gcal/h)}$$

$$Q_{h_3} = 9 + 3{,}7 \times 20 + 4{,}4 \times 4 = 100{,}6$$

Cazanele livrează $Q_{h_c} = 280$ Gcal/h

Deficit de abur: $Q = Q_{h_t} - Q_{h_c} = 300{,}6 - 280 = 20{,}6$ Gcal/h

Se scade o putere dată de:

$$4{,}4\,(P_{III} - P_{ec_{III}}) + P_{II}3{,}9 = 20{,}6 \text{ Gcal/h}$$

Pentru $(P_{III} - P_{ec_{III}}) = 4$ MW rezultă: $P_{II} = \frac{20{,}6 - 17{,}6}{3{,}9} = 0{,}77 \text{MW}.$

Puterea ce se scade este: $P_s = 4 + 0{,}77 = 4{,}77$ MW
Puterea disponibilă pe centrală se calculează astfel:

$$P_{d_c} = 23 + 25 + 24 - 4{,}77 = 67{,}23 \text{ MW}.$$

Puterea utilizabilă pe luni (mai — august)

Luna mai

Grupuri $\qquad 25 + 24 = 49 \text{ MW} = P_{eu}^{mai}$
Cazane $Q_{h_c} = 3 \times 70 = 210$ Gcal/h.

Scanned with OKEN Scanner

Aburul necesar pentru grupuri $Q_h = Q_{h_I} + Q_{h_{II}} + Q_{h_{III}} = 205{,}1$ Gcal/h;

$$Q_{h_t} = 7 + 3{,}9 \times 25 + 9 + 3{,}7 \times 20 + 4{,}4 \times 4 = 17 + 87{,}5 + 74 + 17{,}6 = 205{,}1 \text{ Gcal/h};$$

$Q_{h_c} > Q_{h_t}$ rezultă $P_{eu}^{mai} = 49$ MW.

Luna iunie

Grupuri $23 + 24 = 47$ MW $= P_{eu}^{iunie}$;

Cazane 210 Gcal/h;

$$Q_{h_t} = 8 + 3{,}8 \times 23 + 9 + 3{,}7 \times 20 + 4{,}4 \times 4 = 17 + 87{,}5 + 74 + 17{,}4 = 196{,}1 \text{ Gcal/h};$$

$Q_{h_c} > Q_{h_t}$ deci $P_{eu}^{iunie} = 47$ MW.

Luna iulie

Grupuri $23 + 25 = 48$ MW $= P_{eu}^{iulie}$;

Cazane 210 Gcal/h

$Q_{h_t} = 8 + 3{,}8 \times 23 + 7 + 3{,}9 \times 25 = 15 + 87{,}5 + 97{,}5 = 200$ Gcal/h

$Q_{h_t} < Q_{h_c}$ deci $P_{eu}^{iulie} = 48$ MW.

Luna august

Grupuri 72 MW $= P_{eu}^{august}$;

Cazane 140 Gcal/h.

Aburul satisface doar consumurile grupurilor (I + II).
Puterea efectiv utilizabilă în acest caz are valoarea:

$$Q_{h_t} = 8 + 3{,}8 \times 23 + 7 + 3{,}9 \times X = 15 + 87{,}5 + 3{,}9\,X = 102{,}5 + 3{,}9\,X = 140 \text{ Gcal/h};$$

$$X = \frac{140 - 102{,}5}{3{,}9} = \frac{37{,}5}{3{,}9} = 9{,}6 \text{ MW}.$$

Deci: $P_{eu}^{I+II} = 23 + 9{,}6 = 32{,}6$ MW.

Dacă se merge cu grupul I + grupul III atunci se obține următorul rezultat:

$$Q_{h_t} = 8 + 3{,}8X + 9 + 3{,}7 \times 20 = 17 + 74 + 3{,}8\,X = 91 + 3{,}8\,X = 140$$

$$X = \frac{140 - 90}{3{,}8} = \frac{50}{3{,}8} = 12{,}8;$$

$$P_{eu}^{I+II} = 20 + 12{,}8 = 32{,}8 \text{ MW}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Combinația gr. II + gr. III duce la următorul rezultat:

$$Q_{h_t} = 7 + 3{,}9\,X + 9 + 3{,}7 \times 20 = 16 + 74 + 3{,}9\,X = 90 + 3{,}9\,X = 140.$$

$$X = \frac{140 - 90}{3{,}9} = \frac{50}{3{,}9} = 12{,}8; \qquad P_{eu}^{II+III} = 20 + 12{,}8 = 32{,}8 \text{ MW}.$$

Rezultă că puterea efectiv utilizabilă pe august care valoarea:

$P_{eu}^{august} = 32{,}9$ MW în funcțiune grupurile (I + III);

2. Repartiția sarcinilor pentru cele trei grupuri în paralel are următoarea structură:

	Gr. I	Gr. II	Gr. III	b
0÷20	—	÷	0÷20	3,7
20÷43	0÷23	—	20	3,8
43÷68	23	0÷25	20	3,9
68÷72	3	25	20÷24	4,4

Repartiția sarcinilor pe grupurile (I—IV) în lunile (ianuarie — august)

	gr. I	gr. II	gr. III	Total
ianuarie — decembrie	23	22	20	65
februarie — noiembrie	23	17	20	60
martie — octombrie	23	12	20	55
aprilie — septembrie	23	7	20	50
mai	rez	25	20	45
iunie	23	rez	22	45
iulie	23	22	rez	45
august	12	oprit	20	32

3. Indicii de utilizare se calculează cu relații de forma:

$$E_{ef.\,prod.} = (2 \times 65 + 2 \times 60 + 2 \times 55 + 2 \times 50 + 3 \times 45 + 32) = (130 + 120 + 110 + 100 + 135 + 32) = 627 \text{ MW luni};$$

$$E_{max} = 75 \times 8 \text{ luni} + 50 \times 4 \text{ luni} = 600 + 200 = 800 \text{ MW luni};$$

$$E_{max\,max} = 75 \times 12 \text{ luni} = 900 \text{ MW luni}.$$

$$K_{ext}^{vr}\,\% = \frac{E_{max}}{E_{max\,max}} \cdot 100 = \frac{800}{900} \cdot 100 = 88{,}9\%;$$

$$K_{intsv}^{vr}\,\% = \frac{E_{ef.\,p}}{E_{max}} \cdot 100 = \frac{625}{800} \cdot 100 = 78{,}4\%;$$

$$K_{intg}^{vr}\,\% = \frac{E_{ef.\,p}}{E_{max\,max}} \cdot 100 = \frac{625}{900} \cdot 100 = 69{,}7\%.$$

Scanned with OKEN Scanner

Problema 51

O centrală hidroelectrică este echipată cu trei grupuri a căror caracteristici energetice (consum de apă D în funcție de puterea P în MW) sînt de forma:

$$D = a + bP + cP^2$$

unde:

(a); (b); (c) au valorile din tabel 52.

Tabelul 52

Grupurile	a	b	c
I	30	3,5	0,01
II	25	3,5	0,012
III	27	3,7	0,01

Fiecare grup are puterea egală cu 50 MW.

Se cere:

1. Repartiția economică a sarcinilor între cele trei grupuri (care merg în paralel) cînd puterea ce trebuie produsă în centrală este de 50 MW și 100 MW.
2. Care sînt grupurile în funcțiune și cu ce sarcină, cînd puterea dată de centrală este de 120 MW și 140 MW.

Rezolvare

1. e_1 min $= 3,5$ $\quad e_2$ min $= 3,5$ $\quad e_3$ min $= 3,7$

   e_1 max $= 4,5$ $\quad e_2$ max $= 4,7$ $\quad e_3$ max $= 4,7$

   $e_1 = 3,5 + 0,02\ P$; $\quad e_2 = 3,5 + 0,24\ P$; $\quad e_3 = 3,7 + 0,02\ P$

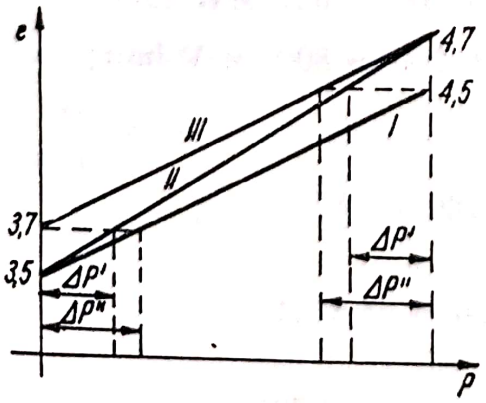


Fig. 27

$$\Delta P = \frac{0,2}{0,024} = 8,33 \text{ MW}$$

$$\Delta P = \frac{0,2}{0,02} = 10 \text{ MW}.$$

Zona I

$$3,5 + 0,02\ P_1 = 3,5 + 0,024\ (P - P_1)$$

$$P_1 = \frac{0,024\ P}{0,02 + 0,024} = \frac{0,024\ P}{0,044} = 0,546\ P$$

$$P_2 = P - P_1 = 0,454\ P$$

Pentru $P = 15$ MW $\quad P_1 = 8,19$ MW, $\quad P_2 = 6,81$ MW

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 53

P	P_1	P_2	P_3
0 — 18,33	0 — 10	0 — 8,33	0
18,33 — 131,67	10 — 50	8,33 — 41,67	0 — 40
131,67 — 150	50	41,67 — 50	40 — 50

Zona II

$3,5 + 0,02\ P_1 = 3,5 + 0,024\ P_2$

$3,5 + 0,02\ P_1 = 3,7 + 0,02(P - P_1 - P_2)$

$P_1 = \frac{0,024\ P_2}{0,02} = 1,2\ P_2$

$3,5 + 0,02 \times 1,2\ P_2 = 3,7 + 0,02\ (P - 1,2\ P_2 - P_2)$

$P_2 = \frac{0,2 + 0,02\ P}{0,024 + 0,44} = 0,2945\ P + 2,945$

$P_1 = 1,2\ P_2 = 0,3535 + 3,535$

$P_3 = P - P_1 - P_2 = P - 0,2145\ P - 2,945 - 0,3535\ P - 3,535 =$
$= 0,352\ P - 6,48$

Pentru $P = 100$ MW rezultă:

$P_1 = 35,35 + 3,535 = 38,885$ MW

$P_2 = 29,45 + 2,945 = 32,395$ MW

$P_3 = 35,2 - 6,48 = 28,72$

Zona III

$3,5 + 0,024\ P_2 = 3,7 + 0,02(P - 50 - P_2)$

$P_2 = 0,454\ P - 18,2$

$P_3 = P - 50 - P_2 = 0,546\ P - 31,8$

Pentru $P = 140$ MW

$P_1 = 50$; $P_2 = 63,6 - 18,2 = 45,4$ MW; $P_3 = 76,4 - 31,8 = 44,6$ MW

Problema 52

O C.T.E. este echipată cu două grupuri de cîte 100 MW fiecare, cu turbine de abur de condensație pură și cu două cazane de abur de cîte 325 Gcal/h debit nominal. Datele caracteristice energetice ale grupurilor electrogene și cazanelor se dau în tabel.

A. *Pentru grupuri electrogene*	Gr. I	Gr. II
— Consumul de căldură la mers în gol.	16,5	20 Gcal/h
— b_1 pentru $P \leqslant P_{ec}$ Gcal/MWh)	3,0	2,9
— Idem pentru $P > P_{ec}$ Gcal/MWh	—	3,35
— Puterea economică MW	100	75

b) *Pentru cazane de abur*	Cazanul I	Cazanul II
— Consumul de combustibil la mers în gol. —	—	—
— Consum specific suplimentar (b) de combustibil pentru $Q \leqslant Q_{ec}$ Gcal/Gcal	1,09	1,1
— Idem de sarcini mai mari $Q > Q_{ec}$	1,16	1,12
— Debitul economic Gcal/h	225	225
— Debitul minim necesar pentru funcționarea sigură a cazanului Gcal/h.	80	80

Cazanele debitează pe o conductă colectoare din care se alimentează grupurile electrogene.

Pentru fiecare lună, centrala primește de la dispecer sarcină de a merge cu o putere constantă, variabilă de la lună la lună. În intervalul martie — septembrie, această sarcină este mai mică de 100 MW, unul din grupuri urmînd a fi ținut în rezervă rece.

Se cere:

1. Grupul și cazanul care vor funcționa pentru ultimul caz, cînd centrala produce o putere constantă.
2. Care este repartiția economică, cînd centrala acoperă o sarcină de 80 MW și respectiv 100 MW.

Rezolvare

$$Q_{h_I} = 16{,}5 + 3\,P \qquad P \leqslant 75 \text{ MW}$$
$$Q_{h_{II}} = 20 + 2{,}9\,P$$

$$Q_{h_{II}} = 20 + 2{,}9 \cdot 75 + 3{,}35(P - 75) = 20 + 217{,}5 - 251 + 3{,}35\,P$$

$$Q_{h_{II}} = -13{,}5 + 3{,}35\,P$$

$$P_0 = \frac{20 - 16{,}5}{3 - 2{,}9} = \frac{3{,}5}{0{,}1} = 35 \text{ MW}$$

$$P_0 = \frac{16{,}5 + 13{,}5}{3{,}35 - 3} = \frac{30}{0{,}35} = 85{,}8 \text{ MW};$$

Grupul I 0,35 ÷ 35 MW 16,5 ÷ 121,5 (Gcal/h)

Grupul II 35 ÷ 85,8 MW 121,5 ÷ 274,5 (Gcal/h)

Grupul I 85,8 ÷ 100 MW 274,5 ÷ 321,5 (Gcal/h).

Cazane pentru $Q_h > Q_{h_e}$

$$Q_{h_I} = 1{,}09 \times 225 + 1{,}16\,(Q_h - 225) = 15{,}75 + 1{,}16\,Q_h;$$

$$Q_{h_{II}} = 1{,}1 \times 2{,}25 + 1{,}12\,(Q_h - 225) = -0{,}02 \times 225 + 1{,}12\,Q_h =$$
$$= -4{,}5 + 1{,}12\,Q_h - 15{,}75 + 1{,}16\,Q_{h_0} = -4{,}5 + 1{,}12\,Q_{h_0};$$

$$Q_{h_0} = \frac{15{,}75 - 4{,}5}{1{,}16 - 1{,}12} = 281 \text{ Gcal/h} \qquad \begin{matrix} Q_{h_I} = (0 \div 281) \text{ Gcal/h Cazan I;} \\ Q_{h_2} = (281 \div 325) \text{ Gcal/h Cazan II;} \end{matrix}$$

Scanned with OKEN Scanner

$P = 0 \div 35$ MW gr. I + cazan I;

$35 \div 85{,}8$ MW gr. II + cazan II;

$85{,}8 \div 88{,}2$ MW gr. I + cazan I;

$88{,}2 \div 100$ MW gr. I + cazan II;

$$281 = 16{,}5 + 3P \quad P = \frac{281 - 16{,}5}{3} = \frac{264{,}5}{3} = 88{,}2 \text{ MW}.$$

Problema 53

O centrală hidroelectrică este echipată cu două grupuri electrogene de cîte 100 MW fiecare. Caracteristicile grupurilor au forma:

$$D = a + bP + cP^2$$

unde (a), (b) și (c) au următoarele valori:

Tabelul 54

	a	b	c
Grupul I	63	5,5	0,006
Grupul II	60	5,8	0,004

Se cere:

1. Repartiția economică a sarcinii între cele două grupuri mergînd în paralel, cînd puterea totală produsă de centrală are valorile 20 MW; 100 MW și 150 MW.
2. Care grup va fi încărcat și cu cît, cînd puterea centralei va fi de 160 MW; 190 MW și 200 MW la vîrful sistemului?

Rezolvare

$e_1 = 5{,}5 + 0{,}012\ P$ $e_{1min} = 5{,}5$ $e_{2min} = 5{,}8$;

$e_2 = 5{,}8 + 0{,}008\ P$ $e_{1max} = 6{,}7$ $e_{2max} = 6{,}6$;

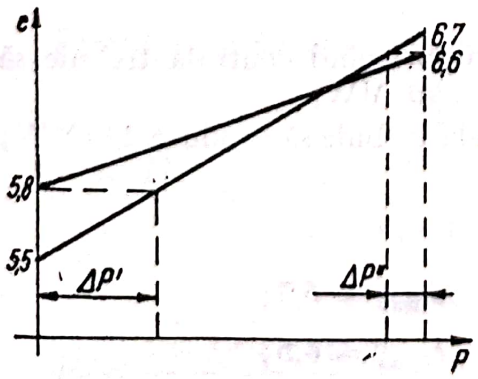


Fig. 28

$$\Delta P' = \frac{0{,}3}{0{,}012} = 25 \text{ MW};$$

$$\Delta P'' = \frac{0{,}1}{0{,}012} = 8{,}33 \text{ MW};$$

$$5{,}5 + 0{,}012\ P_1 = 5{,}8 + 0{,}008(P - P_1)$$

$$P_1 = \frac{0{,}3 + 0{,}008\ P}{0{,}012 + 0{,}008} = \frac{0{,}008\ P + 0{,}3}{0{,}020} =$$

$$= 0{,}4\ P + 15;$$

$$P_2 = 0{,}6\ P - 15;$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru $P = 20$ $P_1 = 20$ MW; $P_2 = 0$;

$P = 100$ MW $P_1 = 40 + 15 = 55$MW; $P_2 = 60 - 15 = 45$;

$P = 150$ MW $P_1 = 50$ MW; $P_2 = 100$ MW.

Tabelul 55

P	P_1	P_2
0–25	0–25	0
25–191,67	25–91,67	0–100
191,67–200	91,67–100	100

Problema 54

O centrală hidroelectrică este echipată cu trei grupuri cu o putere instalată de 100 MW fiecare. Caracteristicele lor energetice (consum de apă D în funcție de puterea P în MW) au forma:

$$D = a + bP + cP^2$$

unde (a), (b) și (c) au valorile din tabelă:

Tabelul 56

	grupul I	grupul II	grupul III	
a	6,3	65	60	tone/oră
b	5,5	5,6	5,8	tone/MWh
c	0,006	0,0045	0,004	tone/(MW)² · h

Se cere:

1. Sarcina dată de fiecare din cele trei grupuri cînd centrala trebuie să acopere o putere de 8MW; 40 MW și 200 MW.
2. Care este repartiția economică cînd centrala trebuie să producă 240 MW; 280 MW și 295 MW?

Rezolvare

$e_1 = 5,5 + 0,012\ P$; $e_{1min} = 5,5$; $e_{1max} = 6,7$;

$e_2 = 5,6 + 0,009\ P$; $e_{2min} = 5,6$; $e_{2max} = 6,5$;

$e_3 = 5,8 + 0,008\ P$; $e_{3min} = 5,8$; $e_{3max} = 6,6$;

Scanned with OKEN Scanner

$$\Delta P_1' = \frac{0,1}{0,012} = 8,33;$$

$$\Delta P_1'' = \frac{0,1}{0,012} = 8,33;$$

$$\Delta P_2' = \frac{0,2}{0,009} = 22,22;$$

$$\Delta P_2'' = \frac{0,1}{0,008} = 12,5;$$

$$\Delta P_3' = \frac{0,3}{0,012} = 25;$$

$$\Delta P_3'' = \frac{0,2}{0,012} = 16,66.$$

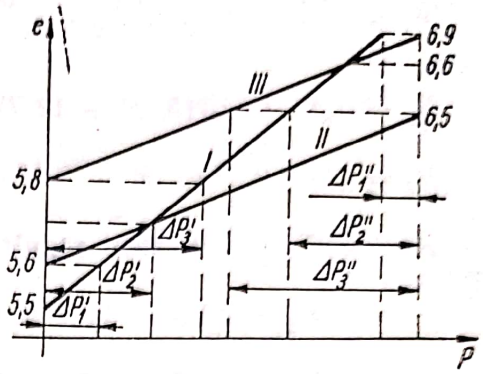


Fig. 29

Tabelul 57

P	P_1	P_2	P_3
0 ÷ 8,33	0 ÷ 8,33	0	0
8,33 ÷ 47,22	8,33 ÷ 25	0 ÷ 22,22	0
47,22 ÷ 270,84	25 ÷ 83,34	22,22 ÷ 100	0 ÷ 87,5
270,84 ÷ 291,67	83,34 ÷ 91,67	100	87,5 ÷ 100
291,67 ÷ 300	91,67 ÷ 100	100	100

Zona I

Pentru $P = 8$ MW; $P_1 = 8$ MW; $P_2 = P_3 = 0$

Zona II

$$5,5 + 0,042\ P_1 = 5,6 + 0,009\ P - P_1$$

$$P_1 = \frac{5,6 - 5,5 + 0,009\ P}{0,042 - 0,009} = \frac{0,1 + 0,009\ P}{0,021} = 0,429\ P + 4,76;$$

$$P_2 = 0,571\ P - 4,76$$

Pentru $P = 40$ MW $P_1 = 17,16 + 4,76 = 21,92$ MW;

$P_2 = 22,84 - 4,76 = 18,08$ MW.

Zona III

$$5,5 + 0,012\ P_1 = 5,6 + 0,009\ P_2;$$

$$5,5 + 0,012\ P_1 = 5,8 + 0,008\ (P - P_1 - P_2);$$

$$P_2 = \frac{5,5 - 5,6 + 0,042\ P_1}{0,009} = 1,33\ P_1 - 11,11;$$

$$5,5 + 0,012\ P_1 = 5,8 + 0,008\ (P - P_1 - 1,33\ P_1 + 11,11);$$

Scanned with OKEN Scanner

$$P_1 = \frac{5{,}8 - 5{,}5 + 0{,}008\ P + 0{,}008 \times 11{,}11}{0{,}012 + 1{,}33 \times 0{,}008} = 0{,}2615\ P + 12{,}7;$$

$$P_2 = 1{,}33\ (0{,}2615\ P + 12{,}7) - 11{,}11 = 0{,}348\ P + 5{,}78;$$

$$P_3 = P - 0{,}2615\ P - 12{,}7 - 0{,}348\ P - 5{,}78 = 0{,}3905\ P - 18{,}48;$$

Pentru $P = 200$ MW rezultă

$$P_1 = 52{,}3 + 12{,}7 = 65 \text{ MW};$$

$$P_2 = 69{,}6 + 5{,}78 = 75{,}38 \text{ MW};$$

$$P_3 = 78{,}1 - 18{,}48 = 59{,}62 \text{ MW}.$$

Problema 55

O C.H.E. este echipată cu două grupuri de cîte 50 MW fiecare ale căror caracteristici energetice (consum de apă D în funcție de puterea în MW) sînt de forma:

$$D = a + bP + cP^2$$

Mărimile (a), (b) și (c) au valorile:

Tabelul 58

	a	*b*	*c*
grupul I	16	1,2	0,0098
grupul II	12	1,3	0,01

Să se determine:

1. Repartiția sarcinii pe cele două grupuri mergînd în paralel cînd puterea ce trebuie s-o dea centrala are valorile: 4 MW; 6 MW; 93 MW; 95 MW.
2. Care grup trebuie oprit cînd puterea centralei este sub 50 MW (Se presupune că s-a verificat că nu este economic să se funcționeze cu ambele grupuri).

Rezolvare

$e_1 = 1{,}2 + 0{,}0196\ P \qquad e_{1min} = 1{,}2 \qquad e_{1max} = 1{,}2 + 0{,}98 = 2{,}18$

$e_2 = 1{,}3 + 0{,}02\ P \qquad e_{2min} = 1{,}3 \qquad e_{2max} = 1{,}3 + 1 = 2{,}3$

Scanned with OKEN Scanner

$$(1{,}3 - 1{,}2) = \Delta P \cdot 0{,}0196$$

$$\Delta P = \frac{0{,}1}{0{,}0196} = 5{,}1 \text{ MW}$$

$$(2{,}3 - 2{,}18) = \Delta P \cdot 0{,}02$$

$$\Delta P = \frac{0{,}12}{0{,}02} = 6 \text{ MW}.$$

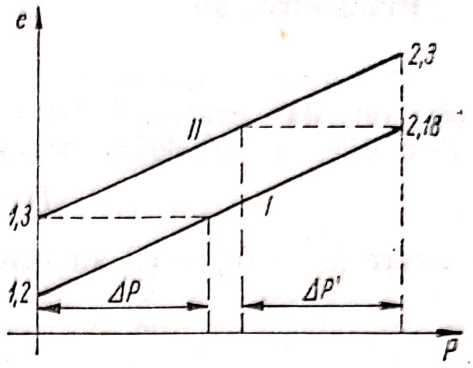


Fig. 30

Pentru $P = 5{,}1 \div 94$ MW $P = P_1 + P_2$

$1{,}2 + 0{,}0196\ P_1 = 1{,}3 + 0{,}02\ (P - P_1)$

$$P_1 = \frac{1{,}3 - 1{,}2 + 0{,}02\ P}{0{,}0196 + 0{,}02} = \frac{0{,}1 + 0{,}02\ P}{0{,}0396};$$

$$P_1 = 2{,}525 + 0{,}505\ P;$$

$$P_2 = 0{,}495\ P - 2{,}525.$$

Pentru $P = 4$ MW $P_1 = 4$ MW $P_2 = 0$ MW

$P = 6$ MW $P_1 = 2{,}525 + 0{,}5056$ $P_2 = 0{,}445$ MW.

Pentru $P = 93$ MW $P_1 = 2{,}525 + 0{,}505 \times 93 = 49{,}425$

$P_2 = 43{,}575$ MW.

Tabelul 59

P_p	P_1	P_2
0 — 5,1 5,1 — 94 94 — 100	0 — 5,1 5,1 — 50 50	0 0 — 44 44 — 50

$P = 95$ MW $P_1 = 50$ MW $P_2 = 45$ MW;

$$16 + 1{,}2\ P_0 + 0{,}0098\ P_0^2 = 12 + 1{,}3\ P_0 + 0{,}01\ P_0^2$$

$$0{,}002\ P_0^2 + 0{,}1\ P_0 - 4 = 0$$

$$P_0^2 = \frac{-0{,}1 \pm 0{,}01 + 0{,}032}{0{,}004} = \frac{-0{,}1 \pm 0{,}042}{0{,}004} = \frac{-0{,}1 + 0{,}205}{0{,}004} = 2{,}63.$$

Dacă $P = 0 \div 26{,}3$ grupul II în funcțiune iar grupul I în rezervă.

Dacă $P = 26{,}3 \div 50$ grupul I este în funcțiune iar grupul II este în rezervă.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 56

O centrală hidroelectrică este echipată cu două grupuri electrogene de cîte 100 MW fiecare. Debitul de apă consumat (D) în funcțiune de putere P în MW este dat de relația:

$$D = a + bP + cP^2$$

în care (a) + (b) + (c) au valorile din tabel:

Tabelul 60

	a	b	c
grupul I	20	2,8	0,004
grupul II	16	2,8	0,005

Se cere:

1. Repartiția sarcinii electrice între cele două grupuri mergînd în paralel cînd puterea dată de centrală este de 100 MW.
2. Ce grup funcționează și cu ce sarcină cînd puterea cerută la consumator este de (180 — 200) MW la vîrful sistemului.

Rezolvare

$e_1 = 2{,}8 + 0{,}008\ P_1 \qquad e_{1min} = 2{,}8 \qquad e_{1max} = 3{,}6$

$e_2 = 2{,}8 + 0{,}001\ P_2 \qquad e_{2min} = 2{,}8 \qquad e_{2max} = 3{,}8$

$$\Delta P = \frac{0{,}2}{0{,}01} = 20 \text{ MW}$$

$$2{,}8 + 0{,}008\ P_1 = 2{,}8 + 0{,}010\ (P - P_1);$$

$$P_1 = \frac{0{,}100\ R}{0{,}008 + 0{,}01} = \frac{0{,}010\ R}{0{,}018} = 0{,}555\ P;$$

$$P_2 = 0{,}445\ P.$$

Pentru $P = 100$ MW rezultă $P_1 = 55{,}5$ MW $P_2 = 44{,}4$ MW;

Pentru $P = 190$ MW rezultă $P_1 = 100$ MW $P_2 = 90$ MW.

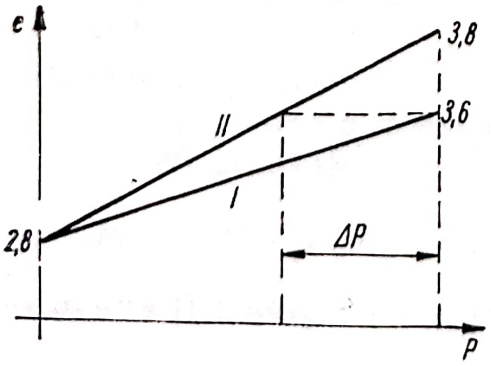


Fig. 31

Tabelul 61

P	P_1	P_2
0 — 180	0 — 100	0 — 80
180 — 200	100	80 — 100

Problema 57

O centrală termoelectrică este echipată cu două grupuri cu turbine cu condensație pură și cu două cazane de abur ale căror caracteristici se dau astfel:

A. *Grupuri*	I	II
— Puterea instalată (MW)	100	100
— Puterea economică (MW)	80	70
— Consumul de căldură la mers în gol (a) Gcal/h	12	15
— Consumul specific suplimentar (b) pentru $P \leqslant P_{ec}$ Gcal/MWh	2	2,1
— Idem pentru $P > P_{ec}$ Gcal/MWh	2,4	2,2

B. *Cazane de abur*	I	II
— Debit instalat Gcal/h	250	250
— Debit economic Gcal/h	180	170
— Debit minim necesar funcționării sigure Gcal/h	80	70
— Consumul specific suplimentar de combustibil pentru $Q \leqslant Q_{ec}$	1,08	1,09
— Idem pentru $Q > Q_{ec}$	1,14	1,13

Cazanele sînt legate la o conductă colectoare de abur din care se alimentează cele două grupuri:

Se cere:

1. Repartiția economică a sarcinilor pe grupuri și cazane cînd puterea centralei variază între P_{minim} și $P = 200$ MW considerînd ca ambele agregate (cazane + grupuri) lucrează în paralel.
2. Ce grupuri vor funcționa cînd puterea centralei este de 150 MW?

Rezolvare

Tabelul 62

e_{max}	P_1	P_2	P	Q_h
2	0÷80	0	0÷ 80	27÷187
2,1	80	0÷ 70	80÷150	187÷334
2,2	80	70÷100	150÷180	334÷400
2,4	80÷100	100	180÷200	400÷448
e_{cazan}	Q_{h_1}	Q_{h_2}	Q_h	P
1,08	80÷180	70	150÷250	61,5 ÷110
1,09	180	70÷170	250÷350	110 ÷157,27
1,13	180	170÷250	350÷430	157,27÷194,55
1,14	180÷250	250	430÷500	194,5

Scanned with OKEN Scanner

$$P_0^{(1)} = \frac{150 - 27}{2} = \frac{123}{2} = 61{,}5 \text{ MW};$$

$$P_0^{(2)} = \frac{250 - 187}{2{,}1} = \frac{63}{2{,}1} = 30 \text{ MW};$$

$$P_0^{(3)} = \frac{350 - 334}{2{,}2} = \frac{1{,}6}{2{,}2} = 7{,}27 \text{ MW};$$

$$P_0^{(4)} = \frac{430 - 400}{2{,}4} = \frac{30}{2{,}4} = 12{,}5 \text{ MW}.$$

Tabelul 63

P	P_1	P_2	Q_{h1}	Q_{h2}	Q_h
0	1	2	3	4	5
61,5÷ 80	61,5÷80	0	80÷117	70	150÷187
80÷110	80	0÷30	117÷180	70	187÷250
110÷150	80	30÷70	180	70÷154	250÷334
150÷157,25	80	70÷77,27	180	154÷170	334÷350
157,25÷180	80	77,27÷100	180	170÷220	350÷400
180÷192,5	80 ÷92,5	100	180	220÷250	400÷430
192,5÷200	92,5÷100	100	180÷198	250	430÷448

Problema 58

O centrală electrică de termoficare este echipată cu patru grupuri avînd caracteristicile:

Grupul I $P_i = 25$ MW Turbină de contrapresiune.

— Producţia specifică de energie electrică $m = 0{,}2$ MW/Gcal
— Puterea mersului în gol $n = 3$ MW
— Puterea termică nominală $Q_{h\,max}^{i} = 135$ Gcal/h
— Contrapresiunea $p = 1{,}2$ ata.
— Consumurile $a = 19$ Gcal/h $b = 4{,}2$ Gcal/MWh

Grupul II $P_i = 25$ MW Turbina cu condensaţie şi priză reglabilă avînd caracteristicile:

— Consumul de mers în gol $(a) = 22$ Gcal/h
— Consumul specific suplimentar $b = 4$ Gcal/MWh
— Producţia specifică suplimentară prin aburul dat la priză $m = 0{,}1$ MW/Gcal.
— Puterea termică nominală $Q_{h\,max}^{i} = 80$ Gcal/h
— Presiunea la priză $p_p = 2{,}5$ ata
— Puterea minimă produsă în condensaţie $P_{min}^{c} = 5$ MW

Cazanele I şi *II* cu debitele de 125 Gcal/h fiecare.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru un an dat sarcina termică este constantă și anume:

a) 80 t/h abur la 1,2 ata b) 70 t/h abur la 2,5 ata

Caracteristicile cazanelor:

$Bh_1 = 1{,}15\ Dec + 1{,}3\ (D_h - Dec_1)$; $Dec_1 = Dec_2 = 100$ Gcal/h

$Bh_2 - 1{,}2\ Dec + 1{,}25\ (D_h - Dec_2)$

Să se determine:

1. Puterea electrică maximă produsă de centrală la sarcinile termice impuse.
2. Determinarea debitelor pentru puterile 5, 15, 20; 25: 45 și 50 MW.
3. Consumurile de căldură ale cazanelor și puterile grupurilor.

Rezolvare

1. $P_{Imax} = m_I Q_{hImax} - n_I \quad P_{IImax} = m_{II} Q_{hmaxII} + P_{IImin}$

2. Determinarea debitelor pentru diverse puteri se face cu ajutorul caracteristicilor energetice, astfel:

P	D_h
5 MW	$19 + 4{,}2 \times 5 = 19 + 21 = 40$ Gcal/h
15 MW	$19 + 4{,}2 \times 15 = 19 + 63 = 82$ Gcal/h $22 + 4 \times 15 = 22 + 60 = 82$ Gcal/h
20 MW ...	$22 + 4 \times 20 = 22 + 80 = 102$ Gcal/h
25 MW cu un grup I	$19 + 4{,}2 \times 25 = 19 + 105 = 125$ Gcal/h
	gr. I gr. II
25 MW cu 2 grupuri	$22 + 4 \times 20 + 19 + 4{,}2 \times 5 = 41 +$ $+ 80 + 21 = 142$ Gcal/h
45 MW	$22 + 4 \times 20 + 19 + 4{,}2 \times 25 = 41 +$ $+ 80 + 105 = 226$ Gcal/h
50 MW	$D_h = 22 + 4 \times 20 + 4{,}7 \times 5 + 19 +$ $+ 4{,}2 \times 25 = 249{,}5$ Gcal/h

3. Consumurile de căldură pentru diverse debite au următoarele valori:

$B_{hI} = b_0 D_h$ pentru $D_h \leqslant D_{b_M}$

$B_{h_{II}} = b_0 D_{h_M} + b_M\ (D_h - D_{hM})$ pentru $D_h \geqslant D_{hM}$

$B_{hI} = 1{,}15 \times 100 + 1{,}3\ (D_h - 100) = -15 + 1{,}3\ D_h$

$B_{hI_I} = 1{,}2 \times 100 + 1{,}25\ (D_h - 100) = -5 + 1{,}25\ D_h$

D_h	P	P_I; P_{II}; P
100 Gcal/h	$100 = 22 + 4P$;	$P_I = 19{,}5$ MW
125 Gcal/h	$125 = 22 + 20 \times 4 + 19 + 4{,}2 \cdot P_{II}$	$\cdot P_{II} = 0{,}95$ $P = 20 + 0{,}95 = 20{,}95$
200 Gcal/h	$200 = 22 + 20 \times 4 + 19 + 4{,}2 \times P_{II}$;	$P_{II} = 18{,}8$ $P = 20 + 18{,}8 = 38{,}8$ MW

Scanned with OKEN Scanner

225 Gcal/h $225 = 22 + 20 \times 4 + 19 + 4{,}2 \times P_{II}$; $P_{II} = 24{,}75$

$P = 20 + 24{,}75 = 44{,}75$ MW

226 Gcal/h $226 = 121 + 4{,}2\ P_{II}$; $P_{II} = 25$ MW; $P = 20 + 25 = 45$ MW

$D_h = 40$ Gcal/h $\quad B_{hI} = 1{,}15\ D_{hI} = 1{,}15 \times 40 = 46$ Gcal/h.

$P = 5$ MW $\quad B_{hII} = 1{,}2\ D_h = 1{,}2 \times 40 = 48$ Gcal/h

$D_h = 82$ Gcal/h $\quad B_{hI} = 1{,}15\ D_h = 1{,}15 \cdot 82 = 94$ Gcal/h cazanul I

$P = 15$ MW $\quad B_{hII} = 1{,}2\ D_h = 1{,}2 \cdot 82 = 98{,}4$ Gcal/h

$D_h = 102$ Gcal/h $\quad B_{hI} = -15 + 1{,}3\ D_h = -15 + 1{,}3 \cdot 102 = 123{,}6$ Gcal/h

$P = 20$ MW $\quad B_{hII} = -5 + 12{,}5\ D_h = -5 + 1{,}25 \cdot 102 = 122{,}6$ Gcal/h

Pentru celelalte debite calculul consumurilor (B_h) se face la fel ca în exemplul de mai sus.

Problema 59

O centrală termoelectrică este echipată cu trei grupuri electrogene cu turbine cu abur cu condensație pură, avînd următoarele caracteristici:

	Gr. I	*Gr. II*	*Gr. III*	
— Consumul la mers în gol a (Gcal/h)	20	17	25	
— Consumul specific suplimentar $P \leqslant P_{ec}$	3,9	4,1	4,15	Gcal/MWh
— Consumul specific suplimentar pentru $P > P_{ec}$	4,6	—	—	Gcal/MWh
— Puterea instalată	25	25	25	MW
— Puterea economică	20	—	—	MW

Dispecerul sistemului fixează pentru fiecare decadă pe această centrală o putere constantă, care variază însă de la decadă la decadă.

Să se determine:

1. Gama de puteri ce o poate da centrala.
2. Ce grupuri urmează a se pune în funcțiune pe baza folosirii criteriului (*a*) și ce grup se încarcă prin aplicarea criteriului (*b*).
3. Repartiția economică a sarcinii pe grupurile centralei electrice considerate.

Rezolvare

1. Se scriu caracteristicile energetice sub forma:

$Q_{h_I} = 20 + 3{,}9\ P_{ec} + 4{,}6\ (P - P_{ec})$;

$Q_{h_{II}} = 17 + 4{,}1\ P$;

$Q_{h_{III}} = 25 + 4{,}15\ P$

Scanned with OKEN Scanner

Se egalează consumurile pentru a determina punctele de intersecție ale caracteristicilor.

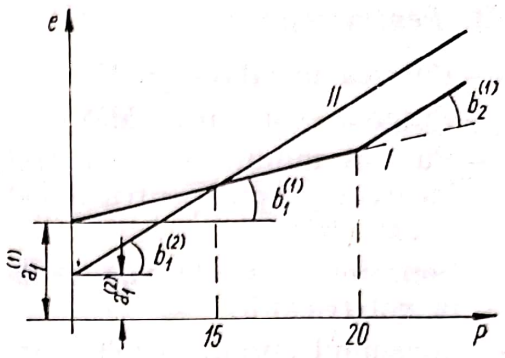


Fig. 32

$$Q_{h_I} = Q_{h_{II}};\quad Q_{h_{II}} = Q_{h_{III}};\quad Q_{h_I} = Q_{h_{III}};$$

$$20 + 3{,}9P = 17 + 4{,}1P;$$

$$17 + 4{,}1\,P = 25 + 4{,}15\,P;$$

$$20 + 3{,}9\,P = -\,12{,}5 + 4{,}6\,P.$$

$$P_0^{I-II} = \frac{20 - 17}{4{,}5 - 4{,}1} = \frac{3}{0{,}2} = 15 \text{ MW},$$

$$P_0^{II-III} = \frac{25 - 17}{4{,}1 - 4{,}15} = \frac{8}{0{,}05} = \frac{800}{5} = 160 \text{ MW (peste } P_i)$$

$$P_0^{I-III} = \frac{20 + 12{,}5}{4{,}6 - 3{,}9} = \frac{32{,}5}{0{,}7} = \frac{325}{7} = 46{,}5 \text{ (peste } P_i);$$

$P < P_0$ Grupul II

$P > P_0$ Grupul I

P = 20 MW $\quad Q_{h_I} = 20 + 3{,}9 \times 20 = 986$ Gcal/h gr.I

$Q_{h_{II}} = 17 + 4{,}1 \times 20 = 996$ Gcal/h

$Q_{h_{II}} = 25 + 4{,}15 \times 20 = 108$ Gcal/h

Structura repartiției puterilor pe decade arată astfel:

$P = 25 + 20$ MW	grupul I + grupul II	decada I
$P = 50$ MW	grupul I + grupul II	decada II
$P = 75$ MW	grupul I + grupul II + grupul III	decada III

Problema 60

O centrală termoelectrică este echipată cu trei grupuri electrogene cu turbine de abur cu condensație pură și cu trei cazane și turbine se dau astfel:

Caracteristicele cazanelor și grupurilor se dau astfel:

A. *Pentru cazane*

	Cazanele		
	I	*II*	*III*
— Debitul nominal (Gcal/h)	250	250	125
— Debitul economic (Gcal/h)	200	180	100
— Debitul minim necesar pentru a evita avarierea (Gcal/h).	75	75	25
— Consumul specific suplimentar pentru $Q \leqslant Q_{ec}$.	1,08	1,1	1,08
— Idem pentru $Q > Q_{ec}$	1,13	1,14	1,12

Scanned with OKEN Scanner

B. *Pentru grupuri*

— Puterea instalată (MW)	700	100	50
— Puterea economică (MW)	70	80	50
— Puterea minimă cu care trebuie încărcat grupul pentru a evita avarierea (MW)	20	20	10
— Consumul orar de căldură la mers în gol (Gcal/h)	15	16	10
— Consumul specific suplimentar (b) pentru $P \leqslant P_{ec}$	2	2,2	2,3
— Idem pentru $P > P_{ec}$	2,4	2,5	—

Fiecare grup este legat bloc cu cazanul de abur purtînd același număr.

Se cere:

1. Repartizarea sarcinilor între cele două blocuri cazan-turbină cînd puterea centrală variază între P_{minim} și 250 MW, considerînd că grupurile merg paralel.
2. Care grupuri funcționează cînd puterea dată de centrală este 200 MW?

Rezolvare

Bloc I

Tabelul 63

e	P	Q_h	e	Q_h	P
0	1	2	3	4	5
2 2,4	20÷70 70÷100	55÷155 155÷227	1,08 1,13	75÷200 200÷250	30÷88,75 88,75

$$\frac{75 - 55}{2} = 10;\ 20 + 10 = 30;$$

$$\frac{200 - 155}{2,4} = 18,75;\ 18,75 + 70 = 88,75$$

Tabelul 64

P	$e_{maș}$	e_{cazan}	e_{bloc}
30÷ 70 70÷ 88,75 88,75÷100	2 2,4 2,4	1,08 1,08 1,13	2,16 2,59 2,71

Scanned with OKEN Scanner

Bloc II

Tabelul 65

e	P	Q_h	e	Q_h	P
2,2 2,5	20÷80 80÷100	54÷192 192÷242	1,1 1,14	75÷180 180÷250	29,55÷77,3 77,3

$$\frac{75-54}{2,2}=9,55 \qquad 9,55+20=29,55$$

$$\frac{180-54}{2,2}=\frac{126}{2,2}=57,3 \qquad 5,73+20=77,3$$

Tabelul 66

P	$e_{maş}$	e_{caz}	e_{bloc}
29,55÷77,5 77,3 ÷80 80÷100	2,2 2,2 2,5	1,1 1,14 1,14	2,12 2,51 2,85

Bloc III

Tabelul 67

e	P	Q	e	Q_h	P
2,3	10—50	33÷125	1,08 1,12	25÷100 100÷125	10 —39,1 39,1÷50

$$\frac{100-33}{2,3}=\frac{67}{2,3}=29,1; \qquad 10+29,1=39,1$$

Tabelul 68

P	$e_{maş}$	e_{cazan}	e_{bloc}
10÷39,5 39,5÷50	2,3 2,3	1,08 1,12	2,485 2,577

Scanned with OKEN Scanner

Repartiția sarcinii la nivelul centralei arată astfel:

Tabelul 69

e	P_1	P_2	P_3	P
2,16	30÷70	29,55	10	69,55÷109,55
2,42	70	29,55÷77,3	10	109,55÷157,3
2,485	70	77,3	10 ÷39,5	157,3 ÷186,8
2,51	70	77,3÷80	39,5	186,8 ÷189,5
2,77	70	80	39,5÷50	189,5 ÷200
2,59	70 ÷88,75	80	50	200 ÷218,75
2,71	88,75÷100	80	50	218,75÷230
2,85	100	88÷100	50	230 ÷250

Problema 61

O centrală termoelectrică este echipată cu trei blocuri cazan-turbină cu abur cu condensație pură. Caracteristicile grupurilor electrogene și ale cazanelor se dau astfel:

	Blocurile I	II	III
— Puterea instalată (MW)	50	50	25 MW
— Puterea economică	40	—	17,5 MW
— P_{min} pentru o funcționare sigură	10	10	5 MW
— Consumul de căldură la mers în gol (Gcal/h) al grupului	10	12	7
— Consumul specific suplimentar (b) pentru $Q \leqslant Q_{ec}$.	2,4	2,5	2,7 $\frac{\text{Gcal}}{\text{MWh}}$
— Idem pentru $Q > Q_{ec}$	2,8	—	3 $\frac{\text{Gcal}}{\text{MWh}}$
— Debitul nominal al cazanului	140	140	80 Gcal/h
— Debitul economic al cazanului	100	115	55 Gcal/h
— Debitul minim necesar pentru o funcționare sigură	40	40	15 Gcal/h
— Consumul specific suplimentar de căldură al cazanului pentru $Q \leqslant Q_{ec}$	1,09	1,08	1,1
— Idem pentru sarcini mai mari.	1,12	1,13	1,14

Se cere:

1. Determinarea consumului specific suplimentar pe ansamblul centralei la sarcini egale cu P_{minim} și $P = 125$ MW considerînd că grupurile funcționează în paralel.
2. Care grupuri intră în funcțiune cînd puterea cerută de consumatori este de 30 MW și respectiv 125 MW.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

Bloc I

Tabelul 70

e	P	Q_h	e	Q_h	P
2,4 2,8	10÷40 40÷50	34÷106 106÷134	1,09 1,12	40÷100 100÷140	12,5÷38,5 38

$$P_0 = \frac{40 - 34}{2,4} = \frac{6}{2,4} = 2,5 \qquad P_0 = \frac{106 - 100}{2,4} = \frac{6}{2,4} = 2,5$$

$2,5 + 10 = 12,5$ MW; $\qquad 40 - 2,5 = 37,5$ MW

Tabelul 71

P	$e_{maş}$	e_{caz}	e_{bloc}
12,5÷37,5 37,5÷40 40 ÷50	2,4 2,4 2,8	1,09 1,12 1,12	2,61 2,69 3,13

Bloc II

Tabelul 72

e	P	Q_h	e	Q_h	P
2,5	10÷50	37÷137	1,08 1,13	40÷115 115÷140	11,2÷41,2 41,2

$$P_0^{(1)} = \frac{40 - 37}{2,5} = 1,2 \text{ MW} \qquad P_0^{(2)} = \frac{115 - 37}{2,5} = \frac{78}{2,5} = 31,2 \text{ MW}$$

$1,2 + 10 = 11,2$ MW; $\qquad 31,2 + 10 = 41,2$ MW

Tabelul 73

P	$e_{maş}$	e_{caz}	e_{bloc}
11,2÷41,2 41,2 ÷ 50	2,5 2,5	1,08 1,13	2,7 2,82

Scanned with OKEN Scanner

Bloc III

Tabelul 74

e	P	Q_h	e	Q_h	P
2,7	5÷17,5	20,5÷54,25	1,1	15÷55	0÷17,75
3	17,5÷25	54,25÷76,75	1,14	55÷80	17,25÷25

$$P_0^{(3)} = \frac{55 - 54{,}25}{3} = \frac{0{,}75}{3} = 0{,}25 \qquad 17{,}5 + 0{,}25 = 17{,}55 \text{ MW}$$

Tabelul 75

P	$e_{maş}$	e_{eaz}	e_{bloc}
5 ÷ 17,5	2,7	1,1	2,97
17,5 ÷ 17,75	3	1,1	3,3
17,75 ÷ 25	3	1,14	3,42

Repartiția sarcinii la nivelul centralei electrice se poate urmări în tabelul 76.

Tabelul 76

e	P_1	P_2	P_3	P
2,61	12,5÷38,5	11,2	5	28,7÷ 54,7
2,69	38,5÷40	11,2	5	54,7÷ 56,2
2,7	40	11,2÷41,2	5	56,2÷ 86,2
2,82	40	41,2÷50	5	86,2÷ 95
2,97	40	50	5—17,5	95÷107,5
3,13	40÷50	50	17,5	107,5÷117,5
3,3	50	50	17,5 ÷17,75	117,5÷117,75
3,42	50	50	17,75÷25	117,75÷125

Problema 62

O centrală termoelectrică este echipată cu două grupuri de 25 MW fiecare și două cazane de 125 Gcal/h fiecare, care debitează pe o bară comună. Caracteristicile energetice ale grupurilor și cazanelor se dau astfel:

Pentru grupuri:	*I*	*II*
— Consumul de mers în gol(a)	22	19 Gcal/h
— Consum specific suplimentar pentru $P \leqslant P_{ec}$ (b_1) Gcal/MWh	4	4,2
— Idem pentru $P > P_{ec}$ (b_2) Gcal/MWh	4,7	—
— Puterea economică MW	20	—
— Puterea minimă la funcționarea de durată (MW)	5	5

Scanned with OKEN Scanner

Pentru cazane

— Consumul specific suplimentar pentru debite mai mici ca cele economice $D_h \leqslant D_{h_{ec}}$	1,15	1,2	
— Idem pentru $D_h > D_{h_{ec}}$ b_M	1,3	1,5	
— Debitul economic $D_{h_{ec}}$	100	100	Gcal/h
— Debitul minim admisibil la funcționare de durată. D_h.	25	25	Gcal/h

Dispecerul sistemului energetic dă acestei centrale o sarcină de producție constantă pe decursul fiecărei luni, dar variabilă de la lună la lună.

Să se determine:

1. Diversele puteri pe care le poate da centrala.
2. Grupurile și cazanele ce se vor pune în funcțiune și ce încărcare vor avea fiecare pentru ca să se realizeze un consum minim de combustibil.

Rezolvare

1. *Grupuri*

$Q_h = a + b_1 P_{ec} + b_2 (P - P_{ec})$

$Q_{h_I} = 22 + 4 \times 20 + 4{,}7\ (P - 20)$; $P_{min} = 5$ MW; $P_{iI} = 25$ MW

$Q_{h_{II}} = 19 + 4{,}2\ P$; $P_{iII} = 25$ MW

Cazane

$Q_{h_{cI}} = 1{,}15\ Q_h$ $Q_{h\,min} = 25$ Gcal/h

$Q_{h_{cII}} = 1{,}2\ Q_h$ pentru $Q_h \leqslant Q_{h_{ec}}$

Pentru $Q_h > Q_{h_{ec}}$ vom avea caracteristici energetice de forma:

$Q_{h_{cI}} = 1{,}15 \cdot 100 + 1{,}3\ (Q_h - 100)$

$Q_{h_{cII}} = 1{,}2 \cdot 100 + (1{,}5(Q_h - 100)$

$P_{min_c} = 5\ \text{MW} + 5\ \text{MW} = 10\ \text{MW}$

$P_i = 25\ \text{MW} + 25\ \text{MW} = 50\ \text{MW}$

$P_{ec} = 20\ \text{MW} + 20\ \text{MW} = 40\ \text{MW}$

2. Pentru a indica grupurile și cazanele ce se pun în funcțiune și sarcina pe care o preiau, se determină punctele de intersecție ale caracteristicilor energetice.

$$P_0^{I+II} = \frac{22 - 19}{4{,}2 - 4} = \frac{3}{0{,}2} = 15\ \text{MW};\quad P < 20\ \text{MW}$$

$$P_0^{I-II} = \frac{19 - 8}{4{,}7 - 4{,}2} = \frac{11}{0{,}5} = 22\ \text{MW};\quad P > 20\ \text{MW}$$

$Q_{h_I} = 22 + 4 \times 20 + 4{,}7\ (P - 20) = 8 + 4{,}7\ P$

$Q_{h_I} = 8 + 4{,}7\ P$; $Q_{h_{II}} = 19 + 4{,}2\ P$

Scanned with OKEN Scanner

Deci pentru $P < 15$ MW → grupul II pentru $a_{II} = 19 < a_I = 22$
$P > 15$ MW și $P < 20$ MW gr. I pentru că $b_I = 4$ Gcal/MWh $< 4{,}2$ Gcal/MWh

Dacă $P < 22$ MW → gr. I deoarece $a_I = 8 < a_{II} = 19$ Gcal/h
$P > 22$ MW → gr. II deoarece $b = 4{,}2 < 4{,}7$ Gcal/MWh

Pentru cazane cînd $Q_h \leqslant Q_{h_{ec}}$ se pornește cazanul I.

Dacă $Q_h > Q_{ec}$ avem următoarele caracteristici energetice modificate:

$$Q_{h_{cI}} = 1{,}15 \times 100 + 1{,}3\,(Q_h - 100) = -15 + 1{,}3\,Q_h$$

$$Q_{h_{cII}} = 1{,}2 \times 100 + 1{,}5\,(Q_h - 100) = -30 + 1{,}5\,Q_h$$

$$Q_{h_0}^{I-II} = \frac{-15 + 30}{1{,}5 - 1{,}3} = \frac{15}{0{,}2} = 75 \text{ Gcal/h}$$

Pentru $Q_h < 75$ Gcal/h pornesc cazanul II deoarece $1{,}2 < 1{,}15$ consumul de mers în gol la cazanul I este mai mare decît la cazanul II. Pentru $Q_h > 75$ Gcal/h se pornește cazanul I, căci are consumul specific suplimentar mai mic decît cazanul II.

Dacă sarcina cerută de dispecer $P > 25$ MW se merge cu grupurile în paralel și nu mai contează consumul de mers în gol.

Încărcarea se face în acest caz în ordinea consumurilor suplimentare după următorul procedeu.

Tabelul 77

b	grupul	sarcina pe grup	sarcina pe grup	Consumul de căldură
4	I	5÷20	10÷25	82 + 4 × 20 + 4,7 · 5 = 185,5 Gcal/h
4,2	II	5÷25	25÷45	185,5 + 4,2 × 20 = 269,5 Gcal/h
4,7	I	20÷25	45÷50	269,5 + 4,7 × 5 = 293 Gcal/h

Consumul de căldură pentru sarcina minimă are valoarea:

$$Q_h = Q_{h_I} + Q_{h_{II}} = 19 + 22 + (4 + 4{,}2) \times 5 = 41 + 8{,}2 \times 5 = 82 \text{ Gcal/h}$$

Repartiția sarcinilor pe cazane se dă astfel:

Tabelul 78

b	Cazanul	Sarcini de cazan	Sarcina sălii cazanelor	Consumul de combustibil
1,15	I	25÷100	50÷125	B_{hI}
1,2	II	25÷100	125÷200	B_{hII}
1,3	I	100÷125	200÷225	B_{hI}
1,5	II	100÷125	225÷250	B_{hII}

Scanned with OKEN Scanner

Avînd caracteristicile energetice și respectiv consumurile specifice suplimentare se poate determina consumul specific suplimentar pe centrala care servește la obținerea repartiției optime a sarcinilor la nivelul sistemului energetic.

Încărcarea grupurilor și cazanelor pe centrală arată astfel:

$P = 0 \div 25$ MW;

$P = (0 \div 15$ MW) — grupul II;

$P = (15 \div 22$ MW) — grupul I;

$P = (22 \div 25$ MW) — grupul II;

$P = 25 \div 50$ MW;

$P = 0 \div 20$ MW — grupul I;

$P = 20 \div 45$ MW — grupul II;

$P = 45 \div 50$ MW — grupul I;

$Q_h = 125$ Gcal/h — cazanul I;

$Q_{h_{II}} = (125 \div 200)$ Gcal/h — cazanul II;

$Q_{h_I} = (200 \div 225)$ Gcal/h — cazanul I;

$Q_{h_{II}} = (225 \div 250)$ Gcal/h —cazanul II.

Problema 63

O centrală termoelectrică este echipată cu două grupuri electrogene cu turbine cu abur cu condensație pură de cîte 50 MW și cu două cazane de abur a cîte 200 Gcal/h fiecare.

Consumul cazanelor în Gcal/h este dat de relații de forma:

$B = b_{1_c} Q_{h_p}$ pentru $Q_{h\min_p} \leqslant Q_{h_p} \leqslant Q_{h_p}$ economic

$B = b_{1_c} Q_{h_{p\,ec}} + b_2 (Q_{h_p} - Q_{h_{p\,ec}})$ pentru $Q_{h_p} > Q_{h_{p\,ec}}$

Q_{h_p} în Gcal/h reprezintă sarcina cazanului.

Consumurile specifice suplimentare în Gcal/h/Gcal/h se dau astfel:

	Cazan I	*Cazan II*
b_{1_c}	1,15	1,2
b_{2_c}	1,2	1,24
$Q_{h_{p\,ec}}$	150	150

Caracteristicile energetice ale grupurilor au forma:

$Q_{h_{t_1}} = a_t + b_{1_t} P$ pentru $P \leqslant P_{ec}$ $Q_{h_t} = 10 + 3{,}6\ P$;

$Q_{h_{t_2}} = a_t + b_{1_t} P_{ec} + b_{2_t} (P - P_{ec})$ pentru $P > P_{ec}$;

$Q_{h_t} = 13 + 3{,}5\ P_{ec} + 3{,}7(P - P_{ec})$.

Scanned with OKEN Scanner

Puterea economică pentru grupul II este $P_{ec} = 40$ MW. Debitul minim cu care poate funcționa un cazan este de 40 Gcal/h, iar puterea minimă cu care funcționează un grup este de 10 MW.

Puterea electrică absorbită de serviciile interne (care nu folosesc abur) este dată de relațiile:

$$P_{s_i} = 1{,}2 + 0{,}03\ P_p \text{ pentru } P_p \leqslant 40 \text{ MW};$$

$$P_{s_i} = 1{,}6 + 0{,}03\ P_p \text{ pentru } 40 \leqslant P_p \leqslant 80 \text{ MW};$$

$$P_{s_i} = 2 + 0{,}04\ P_p \text{ pentru } P_p > 80 \text{ MW}.$$

În care P_p este puterea produsă la bornele generatoarelor din centrală.

Să se determine:

1. Consumul specific suplimentar pe ansamblul centralei, cînd P_p variază între 20÷100 MW, considerînd că ambele grupuri și cazane funcționează în paralel.
2. Repartiția pe fiecare grup și cazan pentru $P_p = 60$ MW.
3. Planificarea consumului de combustibil convențional pentru o funcționare continuă de 30 zile cu grupurile și cazanele în paralel producîndu-se 40 200 MW oră în următorul regim:

3.1. $E_p = 9000$ MWh timp de 200 ore cu puteri variind între 42 ÷ 47 MW.

3.2. $E_p = 31\,200$ MWh produse în restul timpului cu puteri variind între 52÷75 MW.

4. Varianta optimă pe baza cheltuielilor de ordonanțare deterministe sau probabiliste.

Rezolvare

1. Creșterea relativă a consumului de combustibil pe centrală se calculează cu relația:

$$e_{CTE} = e_{cazan} \times e_{turbină} \frac{1}{1 - e_{si}}; \quad B = f(Q);\ Q = f(P)$$

$$e_{caz} = \frac{\partial B}{\partial Q}; \quad e_{turbină} = \frac{\partial Q}{\partial P}; \quad e_{si} = \frac{\partial P}{\partial P_{si}} = e_{si}; \quad P = f(P_{si})$$

Zonele de puteri preluate pe grupuri și cazane au următoarele limite de variație:

Tabelul 79

P_p	$e_{turbină}$	e_{cazan}	e_{si}	$e_{centrală}$	Cazanul și grupul
20 ÷ 47,4	3,5	1,15	0,03	4,075	Gr. II + cazanul I
47,4÷ 50	3,5	1,15	0,03	4,15	Gr. II + cazanul I
50 ÷ 78	3,6	1,15	0,03	4,26	Gr. I + cazanul I
78 ÷ 80	3,6	1,2	0,03	4,45	Gr. I + cazanul I
80 ÷ 90	3,6	1,2	0,04	4,5	Gr. I + cazanul II
90 ÷ 91,9	3,7	1,2	0,04	4,625	Gr. II + cazanul II
91,9÷ 100	3,7	1,24	0,04	4,775	Gr. II + cazanul II

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a justifica regimurile din coloana (P_p) se face repartiția puterilor pe grupuri și cazane în funcție de valoarea consumului specific suplimentar (b).

Pentru grupuri rezultă următoarea repartiție:

Tabelul 80

P_p	P_{p_I}	$P_{p_{II}}$	b_t	Q_{hp}
20÷50	10	10÷40	3,5	94÷199
50÷90	10÷50	40	3,6	199÷343
90÷100	50	40÷30	3,7	343÷380

Pentru cazane se contează pe o repartiție de forma:

Tabelul 81

Q_{ht}	Qh_{p_I}	$Q_{h_{pII}}$	P_{cazan}	P_p
80÷190	40	40÷150	1,13	20÷47,5
190÷300	40÷150	150	1,15	47,5÷78
300÷350	150÷200	150	1,2	78÷91,9
350÷400	200	150÷200	1,24	91,9÷100

Pentru a completa coloana lui Q_{h_t} se calculează consumurile de abur pentru următoarele puteri:

$P_p = 20$ MW $\quad Q_{h_p} = 10 + 3{,}6 \times 10 + 13 + 3{,}5 \times 10 = 94$ Gcal/h;

$P_p = 50$ MW $\quad Q_{h_p} = 94 + 3{,}5 \times 30 = 199$ Gcal/h;

$P_p = 90$ MW $\quad Q_{h_p} = 199 + 3{,}6 \times 40 = 343$ Gcal/h;

$P_p = 100$ MW $\quad Q_{h_p} = 343 + 3{,}7 \times 10 = 380$ Gcal/h.

Pentru completarea coloanei lui P_p se determină puterea corespunzătoare consumului de abur:

$Q_{h_p} = 80$ Gcal/h $\quad P_p = 0 \div 20$ MW nu interesează, căci se începe chiar cu aceste valori.

$Q_{h_p} = 190$ Gcal/h $\quad P_p = (20 \div 50)$ MW $Q_h = 94 + 3{,}5x = 190$;

$x = 27{,}4$; $P_p = 20 + 27{,}4 = 47{,}4$ MW;

$Q_{h_p} = 300$ Gcal/h $\quad P_p = (50 \div 90)$MW $Q_h = 199 + 3{,}6x = 300$;

$x = 28$ MW; $P_p = 50 + 28 = 78$ MW;

$Q_{h_p} = 350$ Gcal/h $\quad P_p = (90 \div 100)$MW $Q_h = 343 + 3{,}7x = 350$;

$x = 1{,}9$; $P_p = 90 + 1{,}9 = 91{,}9$ MW.

Scanned with OKEN Scanner

2. Repartiția sarcinii pe grupuri și cazane cînd P = 60 MW.

$$P_{gI} = 20 \text{ MW}; \quad P_{gII} = 40 \text{ MW}$$

$$Q_{h_t} = 199 + 3{,}6 \times 10 = 235 \text{ Gcal/h} \begin{cases} \nearrow \text{Cazanul I 85 Gcal/h;} \\ \searrow \text{Cazanul II 150 Gcal/h;} \end{cases}$$

3. Puterea medie în zonele (42 ÷ 47) și (52 ÷ 75) MW.
În zona (42 ÷ 47) avem:

$$P_{pm} = \frac{9000}{200} = 45 \text{ MW}.$$

În zona (52 ÷ 75) avem:

$$P_{pm} = \frac{31\,200}{200} = 60 \text{ MW}.$$

Consumul de abur al turbinelor:

$P_p = 45$ MW $\quad Q_{h_t} = 10 + 3{,}6 \times 10 + 13 + 3{,}5 \times 35 = 181{,}5$ Gcal/h;

$P_p = 60$ MW $\quad Q_{h_t} = 10 + 3{,}6 \times 20 + 13 + 3{,}5 \times 40 = 235$ Gcal/h.

Consumul de combustibil la cazane:

$P_p = 45$ MW $\quad B = 1{,}15 \times 40 + 1{,}13 \times 141{,}5 = 206$ Gcal/h:

$P_p = 60$ MW $\quad B = 1{,}15 \times 80 + 1{,}13 \times 150 = 276{,}25$ Gcal/h;

$B_t = 206 \times 200 + 276{,}25 \times 520 = 41\,200 + 139\,000 = 180\,200$ Gcal/h;

$$B_t = \frac{180\,200 \text{ Gcal/h}}{7 \text{ Gcal/h}} = 25\,750 \text{ t.c.c./h}.$$

4. Calculînd cheltuielile de ordonanțare $Z_{ore}^{d(pr)}$ rezultă $Z_{ore}^{(pr)} < Z_{ore}^{(d)}$ ceea ce îndreptățește aplicarea variantei probabiliste de ordonanțare a puterii în decursul unui an pentru acoperirea rațională a consumului de energie electrică și termică.

Problema 64

O centrală termoelectrică este echipată cu patru grupuri turbogeneratoare cu următoarele caracteristici:

Grupul I

— Puterea 10 MW. Turbina este cu contrapresiune la 1,2 ata.
— Producția specifică de energie electrică $m = 0{,}16$ MW/Gcal/h.
— Puterea mersului în gol $n = 0{,}8$ MW.
— Debitul de căldură maxim la ieșirea din turbină $Q_{h_{max}}^{t} = 67{,}5$.

Scanned with OKEN Scanner

Grupul II

— Puterea 25 MW. Turbina este cu condensație și priză reglabilă la 25 ata.

— Consumul orar la mers în gol $a = 24$ Gcal/h corespunzător funcționării cu priză deschisă.

— Consumul suplimentar pentru producerea energiei electrice în condensație $b = 3{,}6$ Gcal/MWh.

— Producția specifică de energie electrică produsă prin aburul dat la priză $m = 0{,}1$ MW/Gcal

— Debitul maxim al prizei $Q^t_{h_{max}} = 125$ Gcal/h

— Puterea minimă ce trebuie produsă în condensație $P^c_{min} = 5$ MW.

Grupurile III și *IV* au fiecare o putere de 25 MW și sînt echipate cu turbine cu condensație pură avînd caracteristicile:

	Gr. III	*Gr. IV*
— Consumul de mers în gol	20	17 Gcal/h
— Consum specific suplimentar pentru $P \leqslant P_{ec}$.	3,7	3,9 Gcal/MWh
— Consum specific suplimentar pentru $P > P_{ec}$.	4,3	4,1 Gcal/MWh
— Puterea economică.	20	20 MW

— Puterea minimă de funcționare de durată 5 MW pentru ambele grupuri.

Sarcina termică constantă a centralei este de 55 Gcal/h la 1,2 ata și 100 Gcal/h la 2,5 ata. Puterea electrică a centralei este constantă pe lună și variază de la lună la lună.

Să se determine:

1. Puterea electrică obligată și cea maximă posibilă de produs.
2. Puterile punctelor de intersecție a caracteristicilor grupurilor III și IV.
3. Repartiția optimă a sarcinilor pe grupurile centralei electrice la care cheltuielile cu combustibilul sub minime.

Rezolvare

1. Puterea electrică obligată și cea maximă de produs:

Grupul I

$$P_{\text{I}} = mQ^t_h - n = \frac{Q^t_h}{b} - \frac{a}{b} = 0{,}16 \times 55 - 0{,}8 = 8{,}8 - 0{,}8 = 8 \text{ MW}$$

Grupul II

$$P_{\text{II}} = P_t + P_{c\ min} = mQ^t_h + P_{c\ min} = 0{,}1 \times 100 + 5 = 10 + 5 = 15 \text{ MW}$$

$$P = P_{\text{I}} + P_{\text{II}} = 23 \text{ MW}$$

$$P_{max_p} = 8 + 3 \times 25 = 83 \text{ MW}$$

Grupul al doilea fiind cu condensație poate debita $P_{II_{max}} = 25$ MW.

2. Puterile punctelor de intersecție a caracteristicilor grupurilor III și IV:

$$Q_{h_{III}} = 20 + 3{,}7P_{ec} + 4{,}3(P - P_{ec}) = 8 + 4{,}3\,P$$

$$Q_{h_{IV}} = 17 + 3{,}9P_{ec} + 4{,}1(P - P_{ec}) = 13 + 4{,}1\,P$$

Pînă la sarcina economică $P_{ec} = 20$ MW.

$$P_0^{III-IV} = \frac{20 - 17}{3{,}9 - 3{,}7} = \frac{3}{0{,}2} = 15 \text{ MW}$$

Peste sarcina economică rezultă:

$$P_0^{III-IV} = \frac{13 - 8}{4{,}3 - 4{,}1} = \frac{5}{0{,}2} = 25 \text{ MW}$$

3. Repartiția economică a sarcinilor pe grupuri.

Funcționarea grupului II fiind obligată, consumul lui de mers în gol nu intervine și contează doar consumul specific suplimentar. Acest consum fiind mai mic decît la grupul III și IV rezultă că grupul II se încarcă înaintea acestor grupuri.

$b_1^{II} = 3{,}6 \rightarrow$ gr. II $(0 \div 25)$ MW $\quad b_2^{IV} = 4{,}1 \rightarrow$ gr. IV $(20 \div 25)$ MW

$b_1^{III} = 3{,}7 \rightarrow$ gr. III $(0 \div 20)$ MW $\quad b_2^{III} = 4{,}3 \rightarrow$ gr. III $(20 \div 25)$ MW

$b_1^{IV} = 3{,}9 \rightarrow$ gr. IV $(0 \div 20)$ MW

Ținînd seama de calculele făcute rezultă următoarele regimuri de funcționare:

a. $8 + 25 = 33$ MW preluat de gr. I $\rightarrow$ 8 MW și gr. II 25 MW $(15 \div 25)$ MW.

b. $33 + 25 = 58$ MW gr. I + gr. II + gr. IV $(0 \div 15)$MW, iar între $(15 \div 25)$ MW gr. III.

c. $58 \div 73$ gr. I (8 MW) + gr. II (25 MW) + gr. III (20 MW) + gr. IV $(5 \div 20)$ MW.

d. $73 \div 78$ 8 MW gr. I + 25 MW gr. II + 20 MW gr. III + $(20 \div 25)$ MW gr. IV.

e. $78 \div 83$ 8 MW gr. I + 25 MW gr. II + $(20 \div 25)$MW gr. III + + 25 MW gr. IV.

Repartiția centralizată se dă în tabelul 82.

Tabelul 82

$P_{centrală}$	gr. I	gr. II	gr. III	gr. IV
0	1	2	3	4
23	8	15	—	—
23÷33	8	15÷25	—	—
33÷38	8	20÷25	—	5
38÷48	8	25	—	5÷15
48÷58	8	25	15÷25	—
58÷78	8	25	20	5÷25
78÷83	8	25	20÷25	25

Pentru repartiția din tabelul 82 rezultă că cheltuielile cu combustibilul la nivelul centralei au valoarea minimă ceea ce confirmă justețea ipotezelor aplicate la efectuarea calculelor.

Problema 65

O centrală termoelectrică este echipată cu patru grupuri cu turbine cu abur cu condensație pură. Caracterisiticile energetice ale grupurilor sînt:

$$Q_{h_I} = 10{,}35 + 3{,}5\,P_{ec} + 4{,}6\,(P - P_{ec});\quad P_{ec} = 40\ \text{MW};\quad P_i = 50\ \text{MW};$$

$$Q_{h_{II}} = 8{,}75 + 3{,}55\,P_{ec} + 4{,}55\,(P - P_{ec});\quad P_{ec} = 40\ \text{MW};\quad P_i = 50\ \text{MW};$$

$$Q_{h_{III}} = 5{,}75 + 3{,}7\,P_{ec} + 4{,}8\,(P - P_{ec});\quad P_{ec} = 20\ \text{MW};\quad P_i = 25\ \text{MW};$$

$$Q_{h_{IV}} = 7 + 3{,}8\,P_{ec} + 5\,(P - P_{ec});\quad P_{ec} = 20\ \text{MW};\quad P_i = 25\ \text{MW}.$$

Dispecerul sistemului impune centralei să producă timp îndelungat (peste 24 ore) consecutiv o putere constantă cuprinsă între $(5 \div 150)$ MW. Se menționează că toate grupurile sînt în stare perfectă de funcționare, deci calculele nu necesită corecții.

Să se determine:

1. Consumurile de căldură pentru $P \leqslant P_{ec}$ și $P > P_{ec}$ și să se reprezinte grafic caracteristicile energetice ale grupurilor I — IV.
2. Determinarea analitică a punctelor de intersecție a caracteristicilor pentru $P \leqslant P_{ec}$ și $P > P_{ec}$.
3. Grupurile ce trebuie să funcționeze cînd se urmărește realizarea unui consum minim de combustibil.
4. Ce încărcare au grupurile sub 100 MW și peste 100 MW, ținînd seama de limita minimă și maximă a sarcinii indicate de dispecer.
5. Care este varianta cu cheltuielile de ordonanțare minime?

Rezolvare

1. Consumurile de căldură pentru fiecare grup se calculează astfel:

Grupul I

$$Q_{h_I} = 10{,}35 + 3{,}5\,P = 10{,}35 + 3{,}5 \times 40 = 150{,}35\ \text{Gcal/h} \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$Q_{h_I} = 10{,}35 + 3{,}5\,P_{ec} + 4{,}6(P - P_{ec}) = 10{,}35 + 3{,}5 \times 40 +$$
$$+ 4{,}6(50 - 40) = 196{,}35\ \text{Gcal/h} \quad P > P_{ec} \quad \text{(fig. 33, a, b)}$$

Grupul II

$$Q_{h_{II}} = 8{,}75 + 3{,}55\,P = 8{,}75 + 3{,}55 \times 40 = 150{,}75\ \text{Gcal/h} \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$Q_{h_{II}} = 8{,}75 + 3{,}55\,P_{ec} + 4{,}55(P - P_{ec}) = 8{,}75 + 3{,}55 \times 40 +$$
$$+ 4{,}55(50 - 40) = 196{,}25\ \text{Gcal/h};\quad P > P_{ec}$$

Scanned with OKEN Scanner

Grupul III

$$Q_{h_{III}} = 5{,}75 + 3{,}7 \times P_0 = 5{,}75 + 3{,}7 \times 20 = 79{,}75 \text{ Gcal/h} \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$Q_{h_{III}} = 5{,}75 + 3{,}7\,P_{ec} + 4{,}8(P - P_{ec}) = 5{,}75 + 3{,}7 \times 20 + 4{,}8(25 - 20) = 103{,}75 \text{ Gcal/h} \quad P > P_{ec}$$

Grupul IV

$$Q_{h_{IV}} = 7 + 3{,}8\,P = 7 + 3{,}8 \cdot 20 = 83 \text{ Gcal/h} \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$Q_{h_{IV}} = 7 + 3{,}8\,P_{ec} + 5(P - P_{ec}) = 7 + 3{,}8 \times 20 + 5(25 - 20) = 108 \text{ Gcal/h} \quad P > P_{ec}$$

2. Pentru a se putea reprezenta grafic se determină punctele de intersecție ale caracteristicilor energetice:

$$P_0^{I-II} = \frac{10{,}35 - 8{,}75}{3{,}55 - 3{,}5} = \frac{1{,}6}{0{,}05} = 32 \text{ MW} \quad Q_{h_I} = Q_{h_{II}}; \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$P_0^{I-II} = \frac{2{,}4}{0{,}05} = 48 \text{ MW}; \quad P > P_{ec};$$

$$P_0^{III-I} = \frac{26{,}3}{1{,}3} = 20{,}5 \text{ MW} \quad Q_{h_{III}} = Q_{h_I}$$

$$P_0^{VI-I} = \frac{110{,}35}{1{,}5} = 75 \text{ MW} \quad Q_{h_{IV}} = Q_{h_I} \quad \text{depășește puterea grupurilor.}$$

$$P_0^{IV-I} = \frac{3{,}35}{0{,}3} = 11{,}35 \text{ MW} \quad Q_{h_{IV}} = Q_{h_I}; \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$P_0^{II-III} = \frac{8{,}75 - 5{,}75}{3{,}7 - 3{,}55} = \frac{3}{0{,}15} = 20 \text{ MW}; \quad Q_{h_{II}} = Q_{h_{III}}; \quad P \leqslant P_{ec}$$

$$P_0^{II-III} = \frac{25}{1{,}25} = 20 \text{ MW}; \quad Q_{h_{II}} = Q_{h_{III}};$$

$$P_0^{II-IV} = \frac{1{,}75}{0{,}25} = 7 \text{ MW}; \quad Q_{h_{II}} = Q_{h_{IV}}$$

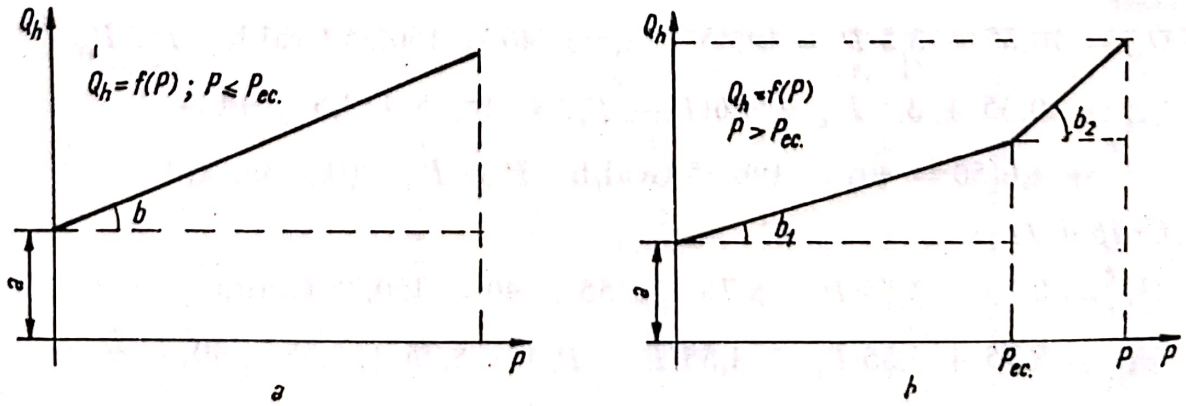


Fig. 33 *a*, *b*

3. Încărcarea grupurilor în funcție de consumul specific suplimentar.

Tabelul 83

b	gr. I	gr. II	gr. III	gr. IV
3,5	*40 MW*			
3,55		*40 MW*		
3,7			*20 MW*	
3,8				*20 MW*
4,55		*50 MW*		
4,6	*50 MW*			
4,8			*25 MW*	
5				*25 MW*

4. Încărcarea grupurilor pentru puteri $P \lesseqgtr 100$ MW și $P \leqslant 150$ MW

Tabelul 84

Nr. crt.	Regimul de funcțion.	Încărcarea grupurilor electrogene				Observații
		Gr. I	Gr. II	Gr. III	Gr. IV	
1	5÷20	—	—	5÷20	—	$Q_{h\,III} \begin{cases} Q_{h_I} \\ Q_{h_{II}} \\ Q_{h_{III}} \end{cases}$ $P \leqslant 20$MW
2	20÷32	—	20÷32	—	—	
3	32÷48	32—48	—	—	—	$Q_{h_{II}} < Q_{h_I}$ $20 < P < 32$ MW
4	48÷50	—	48—50	—	—	$Q_{h_I} < Q_{h_{II}}$ $32 < P < 50$ MW
						$Q_{h_{II}} < Q_{hI}$ $48 < P < 50$ MW
5	50÷60	—	40	10÷20	—	
6	60÷70	—	40÷50	20	—	$Q_{h_{III}} \begin{cases} Q_{h_I} \\ Q_{h_{IV}} \end{cases}$ $0 < P < 20{,}5$
7	70÷70,5	—	50	20÷20,5	—	
8	70,5÷90	40	30,5÷50	—	—	
9	90÷100	40÷50	50	—	—	
10	100÷110	40	50	20	—	$Q_{h_I} < Q_{h_{II}}$; $Q_{h_{III}}$; $Q_{h_{IV}}$
11	110÷120	40÷50	50	20	—	
12	120÷125	50	50	20÷25	—	
13	125÷130	40	45÷50	20	20	
14	130÷140	40÷50	50	20÷25	20	
15	140÷145	50	50	20÷25	20	
16	145÷150	50	50	25	25	

5. Pentru această încărcare cheltuielile cu ordonanțarea sînt minime.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 66

Presupunem 5 grupuri diferite funcționînd în paralel. Caracteristicile de consum ale grupurilor sînt liniare pe porțiuni și se dau astfel:

Tabelul 85

Numărul grupului	P_{mt} (MW)	P_{ec} (MW)	P_d (MW)	b_1 lei/MW	b_2 lei/MW
1	87,00	130,0	145,0	110,8	133,5
2	72,00	108,8	120,0	111,3	153,5
3	52,50	105,0	105,0	80,0	80,0
4	30,00	60,0	75,0	50,5	62,0
5	38,75	70,0	77,5	81,5	93,3

Se cere:

1. Ordinea încărcării grupurilor în funcție de diferitele valori ale sarcinii.
2. Structura modelelor de repartiție economică a puterilor active între centralele unui sistem energetic.

Rezolvare

a. Caracteristicile de consum fiind liniare, încărcarea grupurilor se va face în ordinea crescătoare consumurilor specifice suplimentare, așa cum rezultă din tabelul 86.

Tabelul 86

Grupul care se încarcă	Limite de încărcare ale grupului	Limitele de variație ale sarcinii totale
0	1	2
toate	—	280,25
4	30,00÷ 60,00	280,25÷310,25
4	60,00÷ 75,00	310,25÷325,25
3	52,50÷105,00	325,25÷377,75
5	38,75÷ 70,00	377,75÷409,00
5	70,00÷ 77,50	409,00÷416,50
1	87,00÷130,00	416,50÷459,50
2	72,00÷108,80	459,50÷495,30
1	130,00÷145,00	495,30÷510,30
2	108,80÷120,00	510,30÷521,50

b. *Structura modelelor de repartiție economică* a puterilor active între centralele unui sistem energetic cuprinde:

— Funcție de eficiență.
— Setul de restricții.

Scanned with OKEN Scanner

Funcția de eficiență a modelului matematic de ordonanțare a producției de energie se poate scrie su b forma:

$$Z_i = C_E + C_{av} + C_{cal} + C_{ths} + p_n I_i = \text{minim}$$

în care:

Z_i = cheltuieli anuale în cazul variantei de investiții I_i.
C_E = cheltuieli anuale de exploatare.
C_{av} = cheltuieli prezumate datorate întreruperilor (avariilor).
C_{cal} = cheltuieli prezumate prin calcul de abateri de la calitatea energiei electrice sau căldurii datorate sistemului energetic.
C_{ths} = cheltuieli date de măsuri suplimentare în procesul tehnologic pentru mărirea siguranței.

Cheltuielile (C_E) se pot scrie sub forma:

$$C_E = C_i + C_r + B(P_i)p_c^e$$

în care:

C_i = cheltuielile anuale de întreținere a instalațiilor.
C_r = cheltuielile cu retribuția personalului de exploatare.
$B(P_i)$ = consumul de combustibil în cele T ore ale anului pentru producerea puterii P_i cerută de sistem.
p_c^e = costul combustibilului.

Întrucît C_i și C_r se pot considera constante rezultă că optimizarea ordonanțării revine a minimiza consumul de combustibil la nivelul instalației analizate.

În calculele de optimizare trebuie luate în considerare și centralele hidroelectrice care reprezintă 15÷20% din totalul energiei dată în sistem.

Pentru a putea aplica programul, trebuie să se determine:

— Caracteristicile de consum ale centralelor (și agregatelor din centrală), $B = f(P) =$ de unde rezultă: $C_S = \frac{B}{P}$ și $b = \frac{dB}{dP}$;

— graficele de exploatare anuale, lunare, săptămînale ale acumulărilor hidroelectrice; puterile minime și maxime ale CHE, $P_{H_{min_i}}$ și $P_{H_{max_i}}$.

Din grafice rezultă domeniul de variație al energiei ce poate fi produsă în CHE.

$$E_{H_{min_i}} < E_{H_i} < E_{H_{max_i}}$$

$$\sum_{i=1}^{4} E_{H_i} = E_{H_{an}}$$

— domeniul de variație al puterilor centralelor termoelectrice adică se determină $\sum P_{T_{min_{t_i}}}$ și $\sum P_{T_{max_i}}$;

— necesarul de energie electrică stabilit pe baze statistice; curbele de sarcină pe cele trei tipuri de zile caracteristice (zi de lucru, zi de sărbătoare, zi după sărbătoare);

— planul anual de reparație al agregatelor;

— disponibilul de combustibil pe sorturi etc.

Scanned with OKEN Scanner

Se verifică condițiile restrictive privind puterea (P) și energie (E) la nivelul sistemului considerat.

$$\sum_i P_{T_{min}\,i} + \sum_i P_{H_{min_i}} \leqslant P_{min_i}$$

$$\sum_i P_{H_{max\,i}} + \sum_i P_{T_{max_i}} \geqslant P_{max_i}$$

Dacă aceste condiții nu se îndeplinesc se recalculează schimbul de energie electrică cu alte sisteme.

$$\sum_i E_{H_{min_i}} + \sum_i E_{T_{min_i}} \leqslant E_i$$

$$\sum_i E_{H_{max_i}} + \sum_i E_{T_{max_i}} \geqslant E_i$$

Modelul matematic de ordonanțare în cazul instalațiilor cu caracteristici consum liniare are forma:

$$\text{MIN } B = \sum_i B_i \qquad i \in I \quad (B_i = B_{0i} + b_i P_i)$$

$$\sum_i P_i = P$$

$P_{mt_i} \leqslant P_i \leqslant P_{M_i} \quad i \in I$ (mulțimea instalațiilor funcționînd în paralel).

Soluția în cazul unui model de programare liniară cînd instalațiile au caracteristici de consum liniare, este dată de consumurile specifice suplimentare, adică încărcarea grupurilor se face în ordinea crescătoare a consumurilor specifice suplimentare.

Modelul matematic de ordonanțare în cazul instalațiilor cu caracteristici de creșteri relative (consumuri specifice suplimentare) continui are forma:

$$\text{MIN } B = \sum_i B_i \qquad i \in I$$

$$\sum_i P_i = P$$

Datorită metodei care folosește multiplicatorii Lagrange, la rezolvarea problemei nu se iau în considerație alte restricții.

Soluția care duce la minimum de combustibil convențional rezultă cînd consumurile specifice suplimentare ale instalațiilor sînt egale.

Modul de acoperire al curbei de sarcină se poate urmări pe figura 34.

În calcule nu s-a ținut seama de următoarele elemente:

— consumul propriu pentru producerea energiei electrice;

— consumul de pornire al agregatelor;

— pierderile în rețeaua de transport.

În conducerea operativă de către dispecer a centralelor electrice apar priorități. Setul de restricții din modelul matematic se completează cu o serie de priorități după cum urmează:

1. Centralele pe lignit și centralele dintr-o anumită zonă în acel moment mai slab interconectată, se încarcă la maximum.

2. Centralele pe huilă și gaze se preferă în această ordine după cele pe lignit.

Scanned with OKEN Scanner

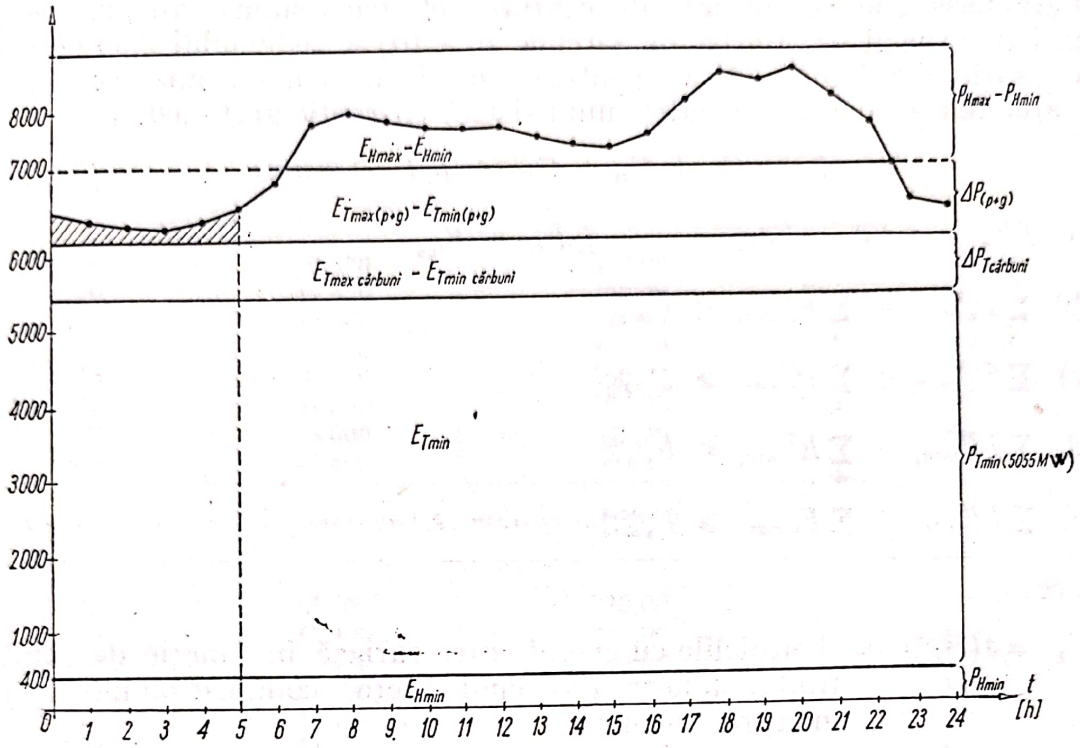


Fig. 34

3. Centralele pe păcură urmează pe locul al treilea.

4. Centralele hidroelectrice se păstrează ca centrale de vîrf dacă sînt cu baraj și lac de acumulare.

5. Centralele cu gaze sînt centrale de vîrf și se recomandă la reglajul frecvenței și puterii de schimb.

Problema 67

Pentru a ilustra modul de aplicare a programului REPAC (repartiția puterilor active pe centrale) se va face apel la datele cu care a operat dispeceratul național în ziua de 23 decembrie 1975. Detalierea repartiției sarcinii electrice active pe patru centrale de bază din cadrul sistemului energetic național se va face pe intervalul (0÷6) adică pe porțiunea golului de noapte și începutul creșterii consumului de energie.

Puterile centralelor (I, B_{or}, B_r, B_{rz}) supuse analizei se dau astfel:

Tabelul 87

Centrala	P_i (MW)	Număr grupuri	$Pminim_i$	P_{max}	P MW
I	560	gr. 5	140	200	60
		gr. 6	140	200	60
B_{or}	315	gr. 7	140	200	60
B_r	280	gr. 1	140	210	70
		gr. 2	140	210	70
B_{rz}	385	gr. 9	140	200	80

Caracteristicile de consum ale centralei electrice supuse analizei se pot urmări în tabelul 88. Curba de sarcină $P = f(t)$ a sistemului energetic are configurația din figura 34. Modelul matematic pentru optimizarea repartiției sarcinilor active pe centralele unui sistem energetic arată astfel:

$$Z_{tc} = C_E + C_D + C_{DV} + p_n I_t = \text{minim}$$

a) $E^H_{t\,min_t} < E^H_{t_t} < E^H_{t\,max_t}$; $\quad \sum_{i=1}^{4} E_{t_i} = E_{t_{an}}$

b) $\sum_i P^H_{t\,min_t} + \sum_i P^T_{t\,min_t} \leqslant P_{min_t}$

c) $\sum_i P^H_{t\,max_t} + \sum_i P^T_{t\,max_t} \geqslant P_{max_t}$

d) $\sum_i E^H_{t\,min_t} + \sum_i E^T_{t\,min_t} \leqslant E^{totală}_{t\,min}$

e) $\sum_i E^H_{t\,max_t} + \sum_i E^T_{t\,max_t} \geqslant E^{totală}_{t\,max}$

în care:

$C_E = f(Bp^c_c)$ = cheltuielile cu energia care variază în funcție de combustibilul folosit (B) cînd prețul combustibilului (p^c_c) se menține constant.

$E^H_{t\,min}$; $E^T_{t\,min}$ = energiile minime date de centralele hidroelectrice (H) și cele termoelectrice (T) din sistem.

$E^H_{t\,max}$; $E^T_{t\,max}$ = energiile maxime date de centralele hidroelectrice (H) și termoelectrice (T).

P^H_{min}; P^H_{max}; P^T_{min}; P^T_{max} = puterile minime și maxime ale centralelor care debitează pe curba de sarcină; C_p = cheltuielile cu daunele; C_{DV} = cheltuielile diverse; p_n = coeficientul de eficiență economică; I_t = investițiile totale.

În conducerea operativă a centralelor din sistem mai apar restricții impuse de priorități și anume: centralele pe lignit se încarcă la maximum, centralele hidroelectrice pe firul apei sînt centrale de bază, iar cele cu baraj se păstrează pentru preluarea vîrfului de sarcină. După încărcarea acestor tipuri de centrale urmează centralele alimentate cu păcură și gaze.

Pentru realizarea unui consum minim de combustibil în condițiile de restricție impuse de sistem pe curba de sarcină din fig. 34 se procedează astfel:

Se încarcă toate centralele de bază la puterea minimă ($P_T + P_H = 5055 + 400 = 5455$ MW).

Se verifică următoarele restricții:

$\sum_i P^H_{t\,min_t} + \sum_i P^T_{t\,min_t} \leqslant P_{t\,min}$; $\quad 400 + 5055 \leqslant 6373$

$P_{t\,min} = 6375$ MW rezultată din curba de sarcină fig. 36

$\sum_i P^H_{t\,max_t} + \sum_i P^T_{t\,min_t} \geqslant P_{max_t}$; $\quad 2000 + 6810 = 8810 > 8510$

$P_{max_t} = 8510$ MW puterea la vîrful curbei de sarcină.

Se trece la încărcarea centralelor electrice pe cărbune cu $P_{CTE} = 790$ MW și se obține un nou palier al curbei de sarcină $P_{CTE} = 5455 + 790$.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 88

P (MW)	B kg.c.c	$b = \frac{dB}{dP}\ \frac{\text{g.c.c.}}{\text{kW}}$	$C_S = \frac{B}{P}\ \frac{\text{g.c.c.}}{\text{kW}}$
B_{rz} — grupul 9 —			
120	40 800	200,00	340,000
140	44 800	200,00	320,000
145	45 900	240,00	316,551
150	47 100	260,00	314,000
155	48 400	280,00	312,258
170	52 600	300,00	309,411
190	58 600	320,00	308,421
200	61 800		309,000
I (grupuri 5 și 6 aceeași caracteristică; grupuri identice)			
140	44 300	220,00	316,428
145	45 400	240,00	313,103
150	46 600	260,00	310,666
155	47 900	280,00	309,032
170	53 100	300,00	306,47
190	58 100	319,00	305,789
200	61 290		306,450
B_{or} — grupul 7 —			
140	44 200	220,00	315,714
145	45 300	240,00	312,413
150	46 500	260,00	310,000
155	47 800	280,00	308,387
170	52 000	301,20	305,882
190	55 012	320,00	289,536
200	58 212		291,060
B_r — grupuri 1 și 2 (identice) —			
140	44 100,0	275,33	315,000
185	56 489,8	280,00	305,350
195	59 289,8	286,00	304,050
205	60 719,8	294,00	296,190
210	62 189,8		296,140

Ordinea încărcării centralelor electrice în funcție de valorile crescătoare a consumurilor specifice suplimentare (consumurile diferențiale sau creșterile relative ale consumurilor), se poate urmări în tabelul 89.

Diagramele de încărcare a centralelor și de precizare a palierelor de sarcină se pot urmări pe figurile (35—36).

Din compararea cheltuielilor deterministe și probabiliste ocazionate de repartiția sarcinilor pe centralele unui sistem energetic rezultă că modelul probabilist duce la cheltuieli mai mici și îmbracă fidel desfășurarea în timp a fenomenelor din cadrul unui sistem industrial cu structură continuă de producție.

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 35

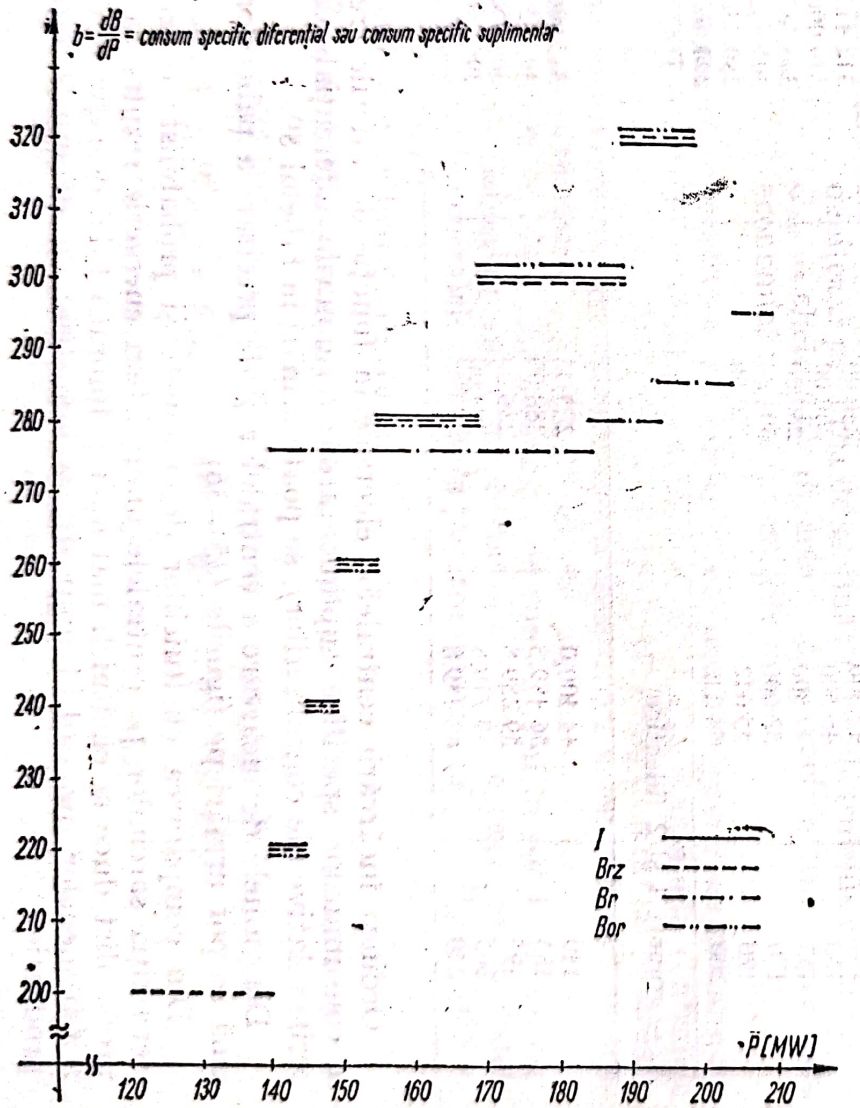
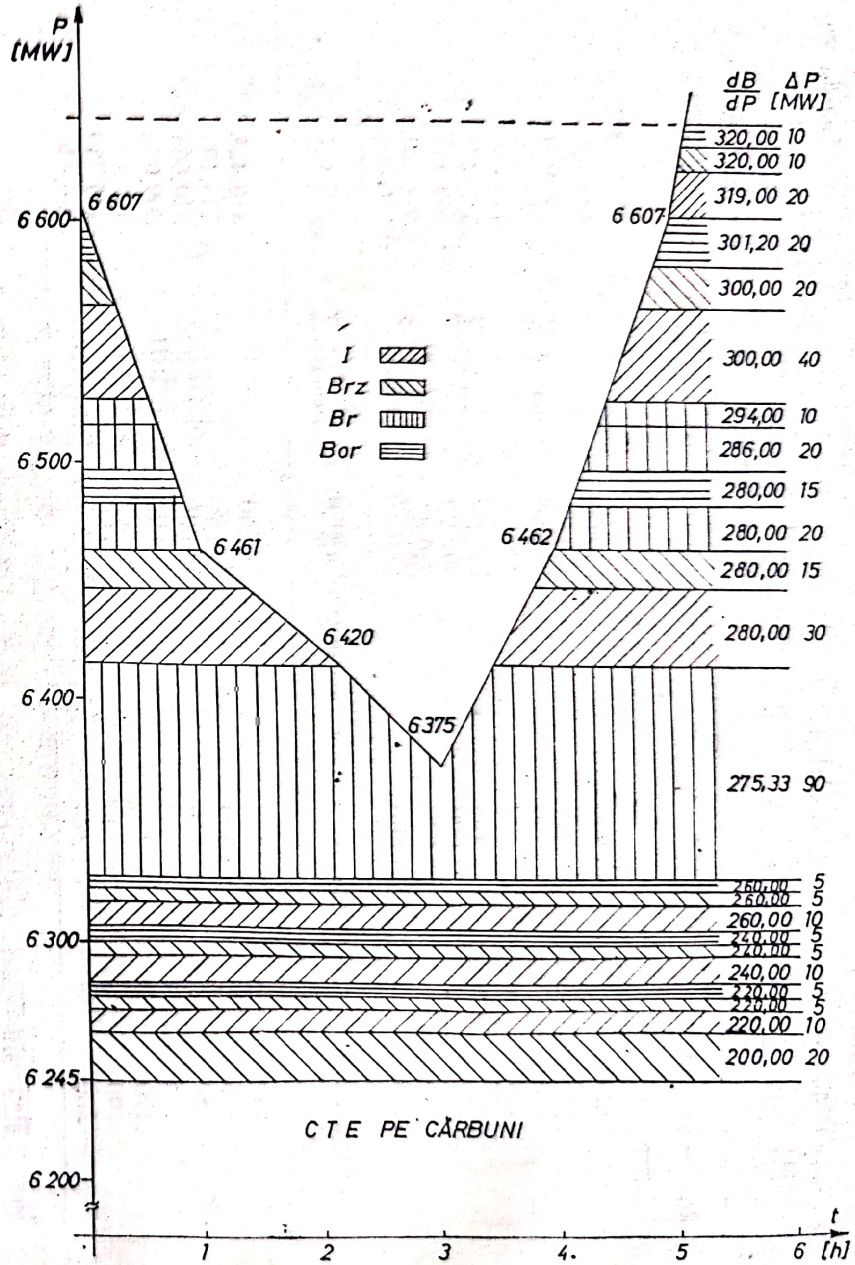


Fig. 36



Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 89

Centrala	Puterea inițială în centrală MW	Încărcarea (MW)	Palier sistem MW	dB/dP g.c.c./kWh	Încărcarea grupurilor centralei (MW)
0	1	2	3	4	5
P_{min} hidro	—	400	400	—	—
$\sum P_{min_i}$ termo	—	5 055	5 455	—	—
$\sum_i^i P^*_{T_\varepsilon}$	5 055**	790	6 245	220→488***	—
B_{rz}	385	20	6 265	200,00	Gr: 9 = 20
I	560	10	6 275	220,00	Gr: 5 = 5; Gr: 6 = 5
B_{rz}	405	5	6 280	220,00	Gr: 9 = 5
B_{or}	315	5	6 285	220,00	Gr: 7 = 5
I	570	10	6 295	240,00	Gr: 5 = 5; Gr: 6 = 5
B_{rz}	410	5	6 300	240,00	Gr: 9 = 5
B_{or}	320	5	6 305	240,00	Gr: 7 = 5
I	580	10	6 315	260,00	Gr: 5 = 5; Gr: 6 = 5
B_{rz}	415	5	6 320	260,00	Gr: 9 = 5
B_{or}	325	5	6 325	260,00	Gr: 7 = 5
B_r	280	90	6 415	275,33	Gr: 1 = 45; Gr: 2 = 45
I	590	30	6 445	280,00	Gr: 5 = 15; Gr: 6 = 15
B_{rz}	420	15	6 460	280,00	Gr: 9 = 15
B_r	370	20	6 480	280,00	Gr: 1 = 10; Gr: 2 = 10
B_{or}	330	15	6 495	280,00	Gr: 7 = 15
B_r	390	20	6 515	286,00	Gr: 1 = 10; Gr: 2 = 10
B_r	410	10	6 525	294,00	Gr: 1 = 5; Gr: 2 = 5
I	620	40	6 565	300,00	Gr: 5 = 20; Gr: 6 = 20
B_{rz}	435	20	6 585	300,00	Gr: 9 = 20
B_{or}	345	20	6 605	301,20	Gr: 7 = 20
I	660	20	6 625	319,00	Gr: 5 = 10; Gr: 6 = 10
B_{rz}	455	10	6 635	320,00	Gr: 9 = 10
B_{or}	365	10	6 645	320,00	Gr: 7 = 10

*$\sum_i P_i$ = încărcarea centralelor pe cărbuni de la P_{minim} la P_{max} (790) MW.

**5055 = suma puterilor minime tehnice în centralele termo.

***220→488 consumurile specifice suplimentare de la 220 la 488 g.c.c./kwh pentru centralele pe cărbuni, care au fost încărcate separat.

Problema 68

Se consideră șapte centrale electrice (I — VII) interconectate prin intermediul unor rețele electrice buclate și cinci stații electrice. Sarcinile din schema microsistemului prezentat în fig. 37 sînt date în MW, rezistențele conductoarelor în ohmi și tensiunea din bucla A; $U = 113$ kV, iar în restul rețelei $U = 110$ kV. Distanțele între stațiile din cele două bucle sînt de circa 3 km. Vîrful microsistemului este de 750 MW. În bucla A sarcina consumatorilor este $P_A = 254$ MW este acoperită de cele două centrale electrice $P_I + P_{II} = 190 + 90 = 280$ MW. Buclele de rețea sînt legate între ele cu o linie de

Scanned with OKEN Scanner

110 kV, de 140 km lungime. Secțiunea conductoarelor liniilor electrice de 110 kV este de 120 mm², OL — Al.

Caracteristicile transformatoarelor din microsistem se dau astfel:

Tabelul 90

Denumirea centralei	I	II	III	IV	V	VI	VII	Obs.
Puterea centralelor	190	90	45	110	140	140	150 — 168	MW
S trafo	210	94,5	40	60	60	180	240	MVA
Puterea la bornele generatorului	40	58	25	50	80 + 35 115	35	20	MW
P_{cu} în trafo	0,75	0,73	0,84	0,84	1% pt. iT 0,7% jT	0,65	0,7	% din putere normată

Să se calculeze:

1. Circulația de putere activă în rețeaua electrică considerată.
2. Consumurile specifice suplimentare ale centralelor (I — VII) cu și fără luarea în considerație a pierderilor în rețele.
3. Repartiția economică a sarcinilor pe centralele microsistemului considerat.

Schema microsistemului energetic.

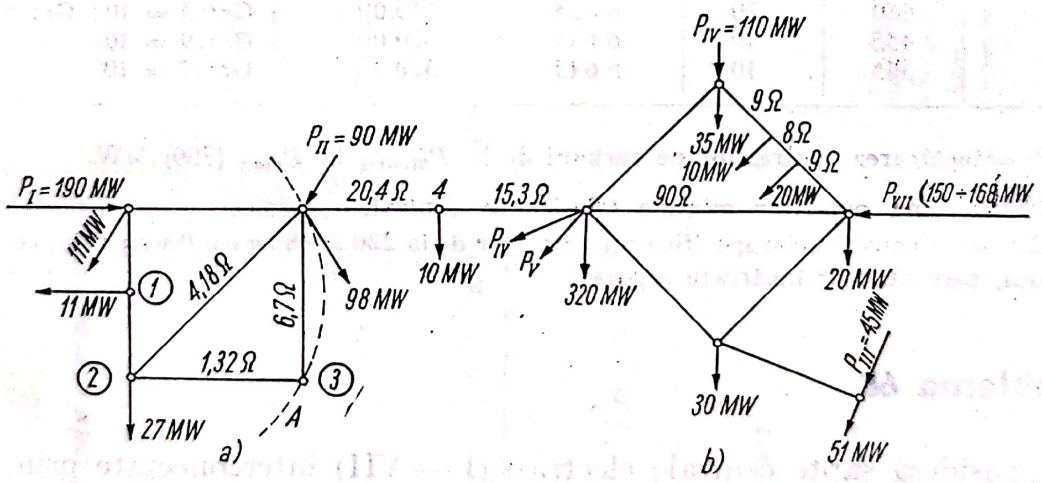


Fig. 37

Rezolvare.

1. Circulația puterilor în bucla A se realizează în următoarele ipoteze:

1.1. Se consideră $P_I = 0$ și se alimentează rețeaua cu puterea P_{II} (fig. 38).

1.2. Se consideră $P_{II} = P_I$ și se determină circulația puterilor în rețea cînd sarcinile consumatorilor sînt egale cu zero (fig. 39).

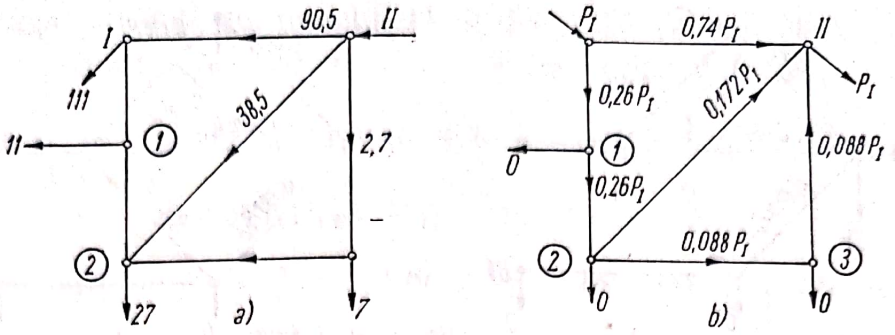


Fig. 38 *a*, *b*

Folosind datele din schemele fig. (38, *a*) şi fig. (38, *b*) rezultă datele din tabelul 91 în care sînt trecute şi creşterile relative a pierderilor din reţele (σ):

Tabelul 91

Sectorul	Rezistenţa r (Ω)	Sarcina sectorului $k_I P_I - P_c$	k_{Ir}	$\sigma = \frac{2r}{U^2}(k_I P_I + P_c)$
I—II	4,2	(0,74 P_I — 90,5)	3,11	$\frac{2}{U^2}$ (2,3 P_I — 281);
I—1	7,3	(0,26 P_I — 20,5)	1,897	$\frac{2}{U^2}$ (0,49 P_I — 39);
I—2	1,82	(0,26 P_I — 31,5)	0,474	$\frac{2}{U^2}$ (0,12 P_I — 14,9);
2—II	4,17	(0,172 P_I — 38,5)	0,716	$\frac{2}{U^2}$ (0,12 P_I — 27,6);
2—3	1,32	(0,088 P_I — 20)	0,116	$\frac{2}{U^2}$ (0,01 P_I — 2,3);
3—II	6,7	(0,088 P_I — 27)	0,589	$\frac{2}{U^2}$ (0,05 P_I — 15,9)

Adunînd valorile din ultima coloană rezultă $\sigma = \frac{2}{U^2}(3{,}09\ P_I - 380{,}7)$.

Pentru centralele III — VI şi VII calculul circulaţiei de puteri pînă în punctul IV — V se face în următoarele ipoteze:

1.3. Pentru centrala III (fig. 39, *a*) se consideră sarcinile consumatorilor egale cu zero, iar puterea P_{III} acoperă sarcina din punctul IV — V.

În figura 39, *b* s-a considerat puterile centralelor III — VI şi VII egale cu zero, iar consumatorii sînt alimentaţi din punctul IV — V.

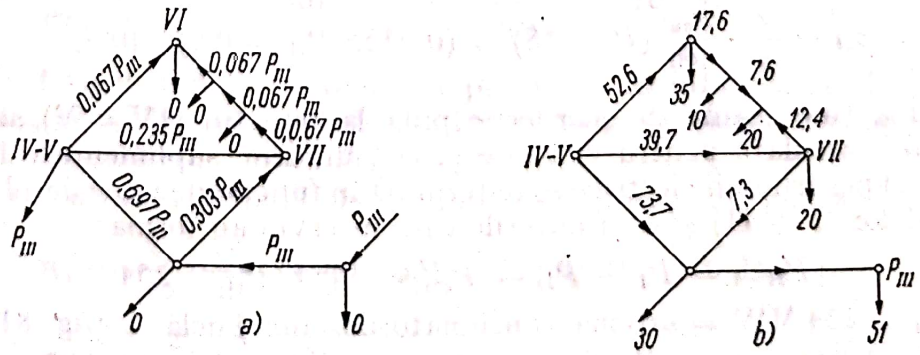


Fig. 39, *a*, *b*

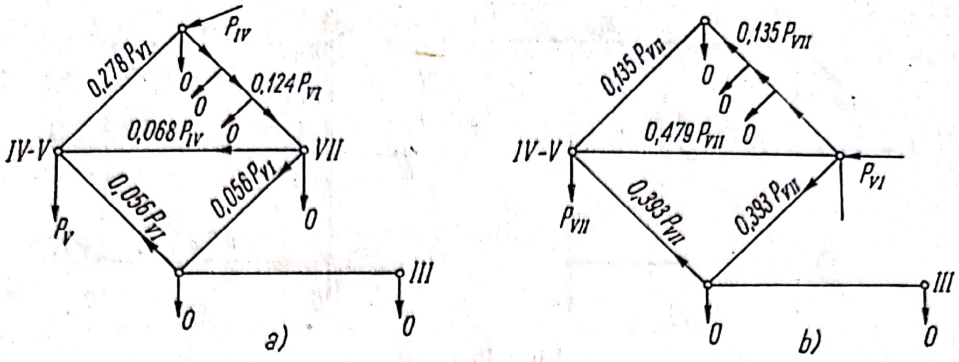


Fig. 40 *a,b*

1.4. Pentru centralele VI și VII schemele în care apar circulațiile calculate în aceleași ipoteze ca la punctul 1.3. au forma (fig. 40 *a, b*).

Se mai construiesc alte asemenea două scheme în care se alimentează consumatorii din punctul (IV — V) în ipoteza că puterile centralelor sînt egale cu zero. Se suprapun aceste scheme și se obțin o serie de date necesare calculării creșterilor relative (σ) ale pierderilor în rețele.

Ținînd seama de sarcina sectorului (P_i) consumurile specifice suplimentare se scriu sub forma:

$$\sigma_{III} = \frac{2}{U^2}[9{,}158\ P_{III} + 0{,}304\ P_{IV} + 2{,}128\ P_{VII} - 672{,}9];$$

$$\sigma_{VI} = \frac{2}{U^2}[0{,}301\ P_{III} + 3{,}945\ P_{VI} + 0{,}606\ P_{VII} - 237{,}1];$$

$$\sigma_{VII} = \frac{2}{U^2}[2{,}13\ P_{III} + 0{,}61\ P_{VI} + 4{,}242\ P_{VII} - 357].$$

Pentru schemele din figura 37 consumurile specifice suplimentare pentru pierderile în rețele și transformatoare au forma:

$$\sigma_{Ir} = \frac{2}{113^2}(3{,}09\ P_I - 380{,}7) = (0{,}0485\ P_I - 5{,}97) \times 10^{-2};$$

$$\sigma_{IT} = \frac{2}{S} \cdot \frac{\Delta P}{100}(P_I - 40) = \frac{2}{210}(P_I - 40)\frac{0{,}75}{100} = (0{,}0071\ P_I - 0{,}38) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_I = \sigma_{Ir} + \sigma_{IT} = (0{,}0556\ P_I - 6{,}35) \cdot 10^{-2}.$$

Pentru centrala II mărimea creșterii relative (consumul specific suplimentar) are forma:

$$\sigma_{II} = \frac{2}{s} \cdot \frac{P_{cu}}{100}(P - 58) = (0{,}0155\ P_{II} - 0{,}9) \cdot 10^{-2}.$$

Pentru a ține seama de pierderile pînă la punctul (IV — V) se adaugă la mărimile calculate pentru centrale și consumurile suplimentare în rețele. Mărimile (σ) pentru linii electrice se determină în funcție de puterile ($P_I + P_{II}$) ale centralelor (I + II) și deci puterile care intervin au forma:

$$P_{II-4} = P_I + P_{II} - P_{CA} = P_I + P_{II} - 254.$$

$P_{CA} = 254$ MW = sarcina consumatorilor din buclă A (fig. 81).

$$P_{4-IV-V} = P_I + P_{II} - 264.$$

Scanned with OKEN Scanner

S-a adăugat 10 MW din punctul IV și deci (254 + 10 = 264).
În aceste condiții mărimile ($\sigma_{II-4-IV-V}$) se pot scrie sub forma:

$$\sigma_{II-4-IV-V} = \frac{2}{110^2}(P_I + P_{II} - 254)20{,}4 + (P_I + P_{II} - 264)15{,}3 =$$

$$= 0{,}577(P_I + P_{II}) - 149{,}2 \cdot 10^{-2};$$

Pentru puterile $P_I + P_{II} = 190 + 90 = 280$ MW se poate scrie:

$$\sigma_{II-4-IV-V} = 0{,}577(190 + 90) - 149{,}2 \cdot 10^{-2} = 0{,}158.$$

Dacă pentru aceeași sarcină a centralelor puterea consumatoarelor variază cu 5% atunci mărimea ($\sigma_{II-4-IV-V}$) se poate scrie astfel:

$$\sigma_{II-IV-4-V} = (0{,}577 \times 280 - 149{,}2 \times 0{,}95) \cdot 10^{-2} = 0{,}23.$$

Pentru a preîntîmpina neajunsurile datorită capacității reduse de transport a liniilor (se exprimă consumul specific suplimentar, în funcție de schimbul de putere pe linia considerată (II — 4).

$$\sigma_{II-4-IV-V} = \frac{2}{110^2} 20{,}4\, P_{II-4} + 15{,}3(P_{II-4} - 10) = (0{,}577\, P_{II-4} - 2{,}48) \cdot 10^{-2}.$$

Consumurile specifice datorită pierderilor în rețelele sistemului în raport cu punctul (IV — V) se calculează astfel:

$$\sigma_{III} = 0{,}151\, P_{III} + 0{,}005\, P_{VI} + 0{,}035\, P_{VII} - 11{,}5 \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{VI} = 0{,}005\, P_{III} + 0{,}065\, P_{VI} + 0{,}010\, P_{VII} - 3{,}9 \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{VII} = 0{,}035\, P_{III} + 0{,}010\, P_{VI} + 0{,}070\, P_{VII} - 5{,}9 \cdot 10^{-2}.$$

Pentru transformatoarele centralelor III, IV, V, VI, VII mărimile (σ) se pot scrie sub forma:

$$\sigma'_{III} = \frac{2}{40} \cdot \frac{0{,}84}{100}(P_{III} - 25) = (0{,}042\, P_{III} - 1) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma'_{IV} = \frac{2}{60} \cdot \frac{0{,}84}{100}(P_{IV} - 50) = (0{,}028\, P_{IV} - 1{,}4) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma'_{V} = \frac{2}{60} \cdot \frac{0{,}70}{100}(P_V - 80) + \frac{2}{60} \cdot \frac{(P_V - 115)}{100} = (0{,}057\, P_V - 5{,}5) \cdot 10^{-2}.$$

Primul termen din (σ') reprezintă pierderile în înfășurarea de joasă tensiune ($\Delta P_{cu} = 0{,}7\%$), iar al doilea în înfășurarea de înaltă tensiune ($\Delta P_{cu} = 1\%$).

Pentru centralele VI și VII mărimile (σ_{VI} și σ_{VII}) au forma:

$$\sigma'_{VI} = \frac{2}{180} \cdot \frac{0{,}65}{100}(P_{VI} - 35) = (0{,}007\, P_{VI} - 0{,}25) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{VII} = \frac{2}{240} \cdot \frac{0{,}7}{100}(P_{VII} - 20) = (0{,}006\, P_{VII} - 0{,}1) \cdot 10^{-2}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a obține consumurile specifice suplimentare totale ale pierderilor centralelor III, VI și VII se aplică relațiile de calcul:

$$\sigma''_{III} = \sigma_{III} + \sigma'_{III} = (0{,}193\ P_{III} + 0{,}005\ P_{VI} + 0{,}035\ P_{VII} - 12{,}1) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma''_{VI} = \sigma_{VI} + \sigma'_{VI} = (0{,}005\ P_{III} + 0{,}072\ P_{VI} + 0{,}01\ P_{VII} - 4{,}15) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma''_{VII} = \sigma_{VII} + \sigma'_{VII} = (0{,}035\ P_{III} + 0{,}01\ P_{VI} + 0{,}076\ P_{VII} - 6) \cdot 10^{-2}.$$

Pentru centralele IV și V consumurile suplimentare cauzate de pierderile în rețeaua principală sînt nule și deci pentru aceste centrale se folosesc următoarele relații:

$$\sigma_{IV} = \sigma'_{IV} = (0{,}028\ P_{IV} - 1{,}4) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{V} = \sigma'_{V} = (0{,}057\ P_{V} - 5{,}5) \cdot 10^{-2}.$$

Dacă se face calculul pentru un vîrf al sistemului de 640 MW în loc de 750 MW prin multiplicarea termenului liber al lui (σ) cu 0,85 și pentru puterile centrale $P_{VII} = 150$ MW; $P_{VI} = 140$ MW; $P_{III} = 45$ MW, rezultă consumurile specifice suplimentare (σ) în funcție de puterile centralelor P_I și P_{II} sub forma:

$$\sigma_I = (0{,}056\ P_I - 5{,}4) \cdot 10^{-2} + (\sigma_{II+IV+V});$$

$$\sigma_{II} = (0{,}016\ P_{II} - 0{,}8) \cdot 10^{-2} + (\sigma_{II+IV+V});$$

$$\sigma_{II+IV+V} = (0{,}577\ P_{II-4} - 2{,}1) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{III} = (0{,}193\ P_{III} - 9{,}1) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{IV} = (0{,}028\ P_{IV} - 1{,}2) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{V} = (0{,}057\ P_{V} - 4{,}7) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{VI} = (0{,}057\ P_{VI} - 4{,}7) \cdot 10^{-2};$$

$$\sigma_{VII} = (0{,}076\ P_{VII} - 2{,}1) \cdot 10^{-2} = 0{,}107 \text{ pentru } P_{VII} = 168 \text{ MW}.$$

Consumurile specifice suplimentare sau creșterile relative ale centralelor se calculează cu relații de forma:

$$e^{br}_{CTE} = \frac{dB}{dQ_c} \cdot \frac{dQ_c}{dP} = e_{cz} \cdot \frac{e_t + e_{sint}}{1 - e_{sict}};$$

$$e^{net}_{CTE} = \frac{dB}{dQ_c} \cdot \frac{dQ_c}{dP} = \frac{dP}{d(P - P_{si})} = e_{cz} \cdot \frac{e_t + e_{sint}}{1 - e_{sict}} \cdot A$$

$$A = \frac{1}{1 - e_{sinc} - e_{sice} \dfrac{e_t + e_{sint}}{(1 - e_{sict})}}.$$

Pentru a ține seama de pierderile în rețele se corectează mărimile (e^{br}_{CTE}) și (e^{net}_{CTE}) ale centralelor și se obține:

$$e^{corectată}_{CTE} = e_{CTE} \frac{1}{1 - \sigma} = k \cdot e_{CTE}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru centrala VII consumul suplimentar total se poate scrie astfel:

$$e^{crt}_{CTE\,VII} = 1{,}12 \quad e_{CTE} = 1{,}12 \times 0{,}62 = 0{,}695.$$

Pentru o putere cerută în bucla A (fig. 81) $P_c = 200$ MW și $P^{I+II}_{CTE} = 243$ MW și pentru o putere de transport pe linia II—4—IV—V de 43 MW rezultă $\sigma_{II-4-IV-V} = (0{,}577 \cdot 4{,}3 - 2{,}1) \cdot 10^{-2} = 0{,}277$.

Deci:

$$e^{(I+II)crt}_{CTE} = e^{I+II}_{CTE} \cdot \frac{1}{1 - \sigma_{II-IV-4-V}} = 0{,}6 \frac{1}{1 - 0{,}227} = 0{,}775.$$

Sarcinile cerute de consumator la care se adaugă pierderile în rețele se repartizează centralelor în ordinea crescătoare a consumurilor specifice suplimentare, corectate. La descărcarea centralelor se procedează în ordinea descrescătoare a consumurilor specifice suplimentare corectate calculate cu relațiile indicate în cursul rezolvării problemei de repartiție economică a sarcinilor electrice pe centralele unui micro sistem energetic.

Calculînd cheltuielile de producție (Z^d_{ore}) rezultă că varianta analizată în problemă duce la $Z^d_{or} =$ minim, ceea ce justifică aplicarea acestui criteriu la organizarea exploatării optimale a microsistemelor energetice.

Dacă coeficienții de linie (k) apar sub formă complexă atunci partea imaginară este cu atît mai mare cu cît în circuitul din buclele analizate intervin mai multe transformatoare, cabluri sau linii aeriene. Neglijarea părții imaginare a coeficientului de linie (k) duce la erori (1,5 ÷ 2)% pentru bucle formate, din linii aeriene și de circa 20% pentru cazul existenței în buclă a cablurilor electrice ce funcționează în paralel cu liniile aeriene. Astfel, pentru o eroare de (20 ÷ 30)% comisă la determinarea pierderilor, corecția $\frac{1}{1-\sigma}$ este numai de (3÷4,5)% ceea ce nu influențează prea mult repartiția sarcinii pe centrală.

Cînd există mai multe centrale legate între ele prin ramuri ce concură într-un nod de rețea, atunci se calculează creșterea relativă pentru fiecare centrală în punctul nodal.

În cazul a patru centrale legate între ele printr-o linie de legătură ca în figura 41 se calculează creșterile relative ale pierderilor atît pentru fiecare linie radială cît și pentru linia de legătură (0′ 0″).

Creșterile relative ale pierderilor pentru fiecare din liniile radiale sînt date de relații de forma:

$$\sigma_I = \frac{2r}{U^2}(P_I - P_c); \quad \sigma_{II} = \frac{2r}{U^2}(P_{II} - P_c);$$

$$\sigma_{III} = \frac{2r}{U^2}(P_{III} - P_c); \quad \sigma_{IV} = \frac{2r}{U^2}(P_{IV} - P_c).$$

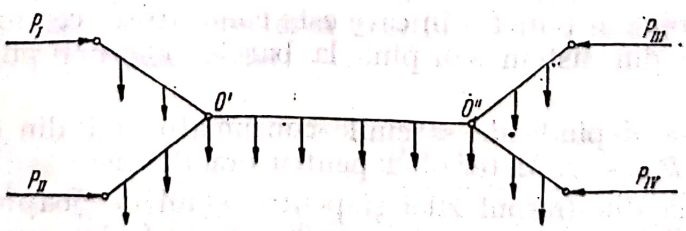


Fig. 41

Creșterea relativă a pierderilor în linia $(0' \div 0'')$ se determină cu relația:

$$\underset{0-0}{\sigma} = \frac{2r}{U^2}(P_I + P_{II}) - \Sigma P_{I-II_i} - \Sigma P_{0i},$$

în care:

$(P_I + P_{II})$ = suma puterilor centralelor I și II.

$\Sigma P_{(I-II)i}$ = suma sarcinilor consumatorilor de pe ramurile

$$(II - 0') \text{ și } (I - 0'')$$

ΣP_{01} = suma sarcinilor consumatorilor de pe tronsonul $(0' \div 0'')$.

Creșterile relative ale pierderilor la diferite centrale, ținînd seama de ramurile $(0'—0'')$, vor avea forma:

$$\sigma'_I = \sigma_I + \sigma_{0'-0''}; \quad \sigma'_{II} = \sigma_{III};$$

$$\sigma'_{III} = \sigma_{IV} + \sigma_{0'-0''}; \quad \sigma'_{VI} = \sigma_{IV}.$$

Dacă rețeaua care leagă centralele conține și bucle atunci creșterea relativă a pierderilor datorită sarcinii centralei I respectiv II în sectorul examinat are forma:

$$\sigma_I = \frac{2r}{U^2} k_I P_s; \quad \sigma_{II} = \frac{2r}{U^2} k_{II} P_s; \quad P_s = \text{sarcina sectorului considerat.}$$

$$P_s = k_I P_I + k_{II} P_{II} + k_{III} P_{III} + k_{IV} P_{IV} + \ldots + P_0$$

în care $(k_I \ldots k_{IV})$ reprezintă coeficienții de linie, iar P_0 este suma sarcinii de pe tronsonul de legătură $(0' \div 0'')$. Dacă coeficienții de linie nu sînt calculați se poate găsi sarcina fiecărui sector prin întocmirea schemei de repartiție a puterilor procedîndu-se astfel:

— Sarcinile centralelor reale se consideră egale cu zero, iar alimentarea se face de la o centrală așezată în punctul pînă la care se calculează creșterile relative.

— Sarcinile consumatorilor sînt nule, iar sarcina centralei I sau II se consideră negativă adică se așază în punctul pînă la care se calculează creșterile relative considerat punct de alimentare.

Însumînd creșterile relative datorită sarcinii centralei I pe diverse sectoare se obține creșterea relativă a pierderilor centralei I. La fel se procedează și în cazul celorlalte centrale.

În cazul a două centrale interconectate printr-o linie se calculează σ_I pînă la bornele generatoarelor centralei II și se introduce corecția numai pentru e^I_{OTE}.

Dacă mai multe centrale sînt legate între ele printr-o rețea buclată atunci se calculează (σ) pînă la punctul în care este concentrată cea mai mare sarcină a consumatorilor din sistem sau pînă la barele celei mai puternice centrale a sistemului.

Termenul care depinde de sarcinile consumatorului din expresia lui (σ) are forma: $(\Sigma P_i R_i)$ și se determină pentru ora de vîrf.

Pentru sarcina din timpul zilei și pentru golul de noapte se corectează valorile lui (σ) determinată pentru sarcina de vîrf. De exemplu pentru o

Scanned with OKEN Scanner

centrală de 190 MW care are $\sigma = (0{,}0099\ P - 2{,}65) \cdot 10^{-2}$. Cînd există o scădere a sarcinii de 30% în orele de noapte și de 15% în orele de zi față de vîrful sistemului, creșterile relative se scriu astfel:

a) *În orele de noapte.*

$$\sigma_{0-n} = (0{,}099P - 0{,}7 \cdot 2{,}65) \cdot 10^{-2} = 0{,}1695;$$

$$k_{0-n} = \frac{1}{1 - 0{,}1695} = 1{,}202.$$

b) *În orele de zi.*

$$\sigma_{0-z} = (0{,}099\ P - 0{,}85 \cdot 2{,}65) \cdot 10^{-2} = 0{,}1655;$$

$$k_{0-z} = \frac{1}{1 - 0{,}1655} = 1{,}198.$$

c) *La vîrful sistemului.*

$$\sigma_{0-v} = (0{,}099\ P - 2{,}65) \cdot 10^{-2} = 0{,}1615$$

$$k_{0-v} = \frac{1}{1 - 0{,}1615} = 1{,}192.$$

După cum se observă influența este mai mică la variația sarcinii date dar la o sarcină mare și în cazul căderii unei linii de interconexiune dintre centralele sistemului, influențele pot deveni sensibile.

Aceste influențe relativ reduse ale variației sarcinilor înlesnesc admiterea următoarelor simplificări la calculul creșterilor relative ale pierderilor în rețele.

— Înlocuirea termenului liber din (σ) cu o valoare medie a sarcinii consumatorilor pe durata celor 24 ore.

— Se poate neglija influența corecției creșterilor relative ale centralei (ε_{CTE}), dacă $\sigma = \pm 5\%$ și se poate simplifica circuitul închis (bucla) la o linie radială.

— Dacă puterile centralelor diferă între ele cu $\pm 5\%$ atunci în calculele lui (e_{CTE}) nu se determină coeficienții de corecție ci se lucrează cu valori medii pentru (k) și pentru puterile centralelor.

Dacă pe lîngă variația sarcinii active avem și o variație a sarcinii reactive, atunci creșterea relativă a pierderilor are forma:

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_r \cdot \frac{dQ}{dP}$$

Mărimea care multiplică creșterea relativă a pierderilor datorită sarcinii reactive (σ_r) se determină astfel:

$$\frac{dQ}{dP} = \frac{\sigma a - \dfrac{2}{(c^2+1)}}{\sqrt{\dfrac{4c^2}{(c^2+1)^2} - \dfrac{2}{a} + \dfrac{4a}{c^2+1} - \dfrac{U_I^2 - U_{II}^2}{U^2}\left(\dfrac{4}{(c^2+1)}\right)}}.$$

în care:

σ_a = creșterea relativă a pierderilor datorită sarcinii active $c = x/R =$ = raportul din reactanță și rezistența rețelei.

$$\dot{U} = \frac{U_I + U_{II}}{2}; \quad U_{II}^2 = (U_I - \frac{U\sigma a}{2} - \frac{CU}{2}\sigma_r)^2 + \frac{U^2}{2}(c\sigma_a - \sigma_r)^2$$

U_I și U_{II} = tensiunile de alimentare ale liniei de la cele două capete;

$$\sigma_r = \frac{2c}{c^2+1} \pm \sqrt{\frac{4c^2}{(c^2+1)^2} - \sigma_a^2 + \frac{4\sigma a}{c^2+1} - \frac{U_I^2 - U_{II}^2}{U^2} \cdot \frac{4}{(c^2+1)}};$$

ultimul termen de sub radical se poate neglija întrucît nu are o influență prea mare, iar în fața radicalului se ia semnul plus dacă decalajul dintre U_I și U_{II} depășește 90°, adică peste limitele stabilității statice, în caz contrar se lucrează cu semnul minus în fața radicalului.

Problema 68

În vederea compensării puterii reactive în rețelele de distribuție exploatate de întreprinderile regionale de electricitate se presupun cunoscute următoarele date:

— Caracteristicile schemelor de principiu, costurile bateriilor de condensatoare de medie și joasă tensiune și suprafața de teren aferentă.

— Schema electrică de principiu și schemele pentru regimurile caracteristice de funcționare a consumatorilor (fig. 42—44).

— Nomograme pentru calculul pierderilor active în rețele (aeriene, cabluri) cu conductoare de cupru, aluminiu și oțel — aluminiu.

— Vîrful anual de sarcină se caracterizează prin 56,787 MW și 32,023 MVar la cos $\varphi = 0{,}87$.

Puterea reactivă de compensat este de 13,4 MVar.

Factorul de putere cerut după compensare este de 0,95.

Rețeaua de 110 kV cuprinde 3 stații și linii electrice de 55 km încărcate sub puterea naturală. Rețeaua de cabluri funcționează la 6 kV și are următoarele caracteristici:

— Lungimea medie a fiederelor 150 m;
— Lungimea medie a distribuitorilor 1363 m;
— Distanța medie dintre posturi 480 m;
— Încărcările medii pe fieder 57% din S_{max}, iar pe distribuitor 46% din S_{max};
— Puterea maximă a posturilor de transformare 340 kVA;
— Încărcarea medie pe posturi 43,4%;
— Factorul de putere de joasă tensiune 0,9.

În regim normal de funcționare la vîrful de seară, iarna (VSI) și golul de noapte (GN) tensiunea are o variație de ±6%, iar pierderile variază între 920 kW la vîrf și 250 kW la sarcină minimă.

Scanned with OKEN Scanner

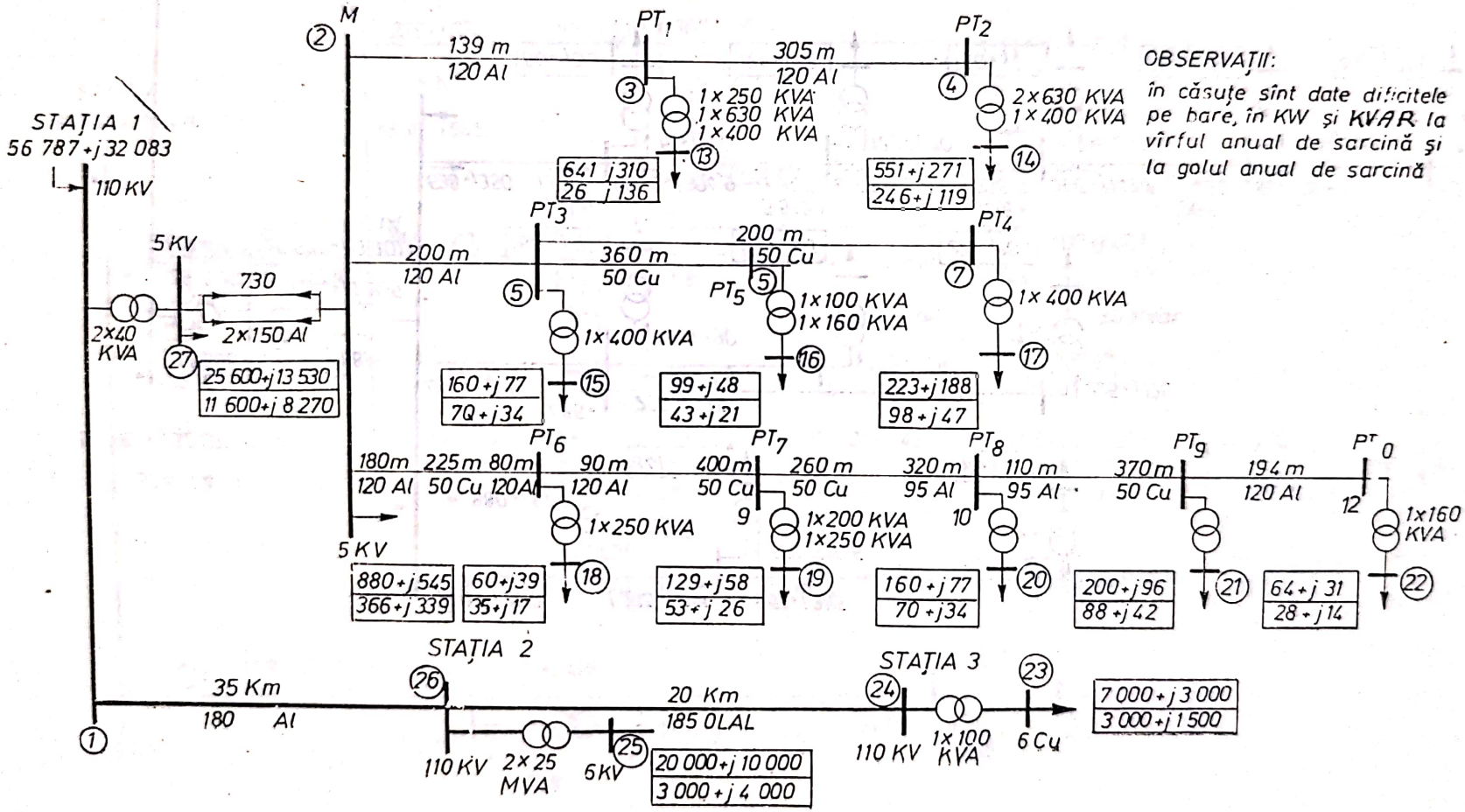


Fig. 42

Scanned with OKEN Scanner

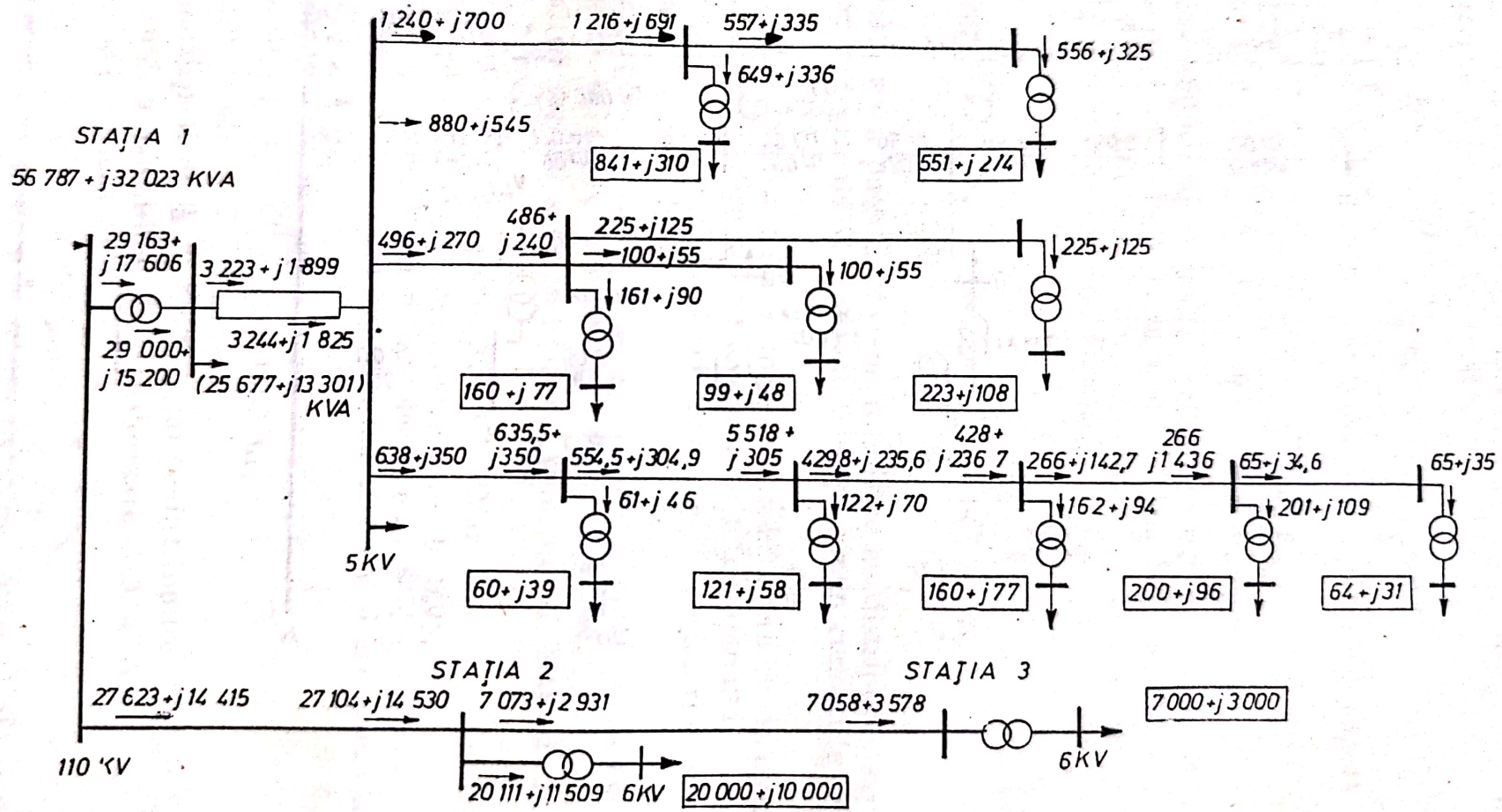


Fig. 43

Scanned with OKEN Scanner

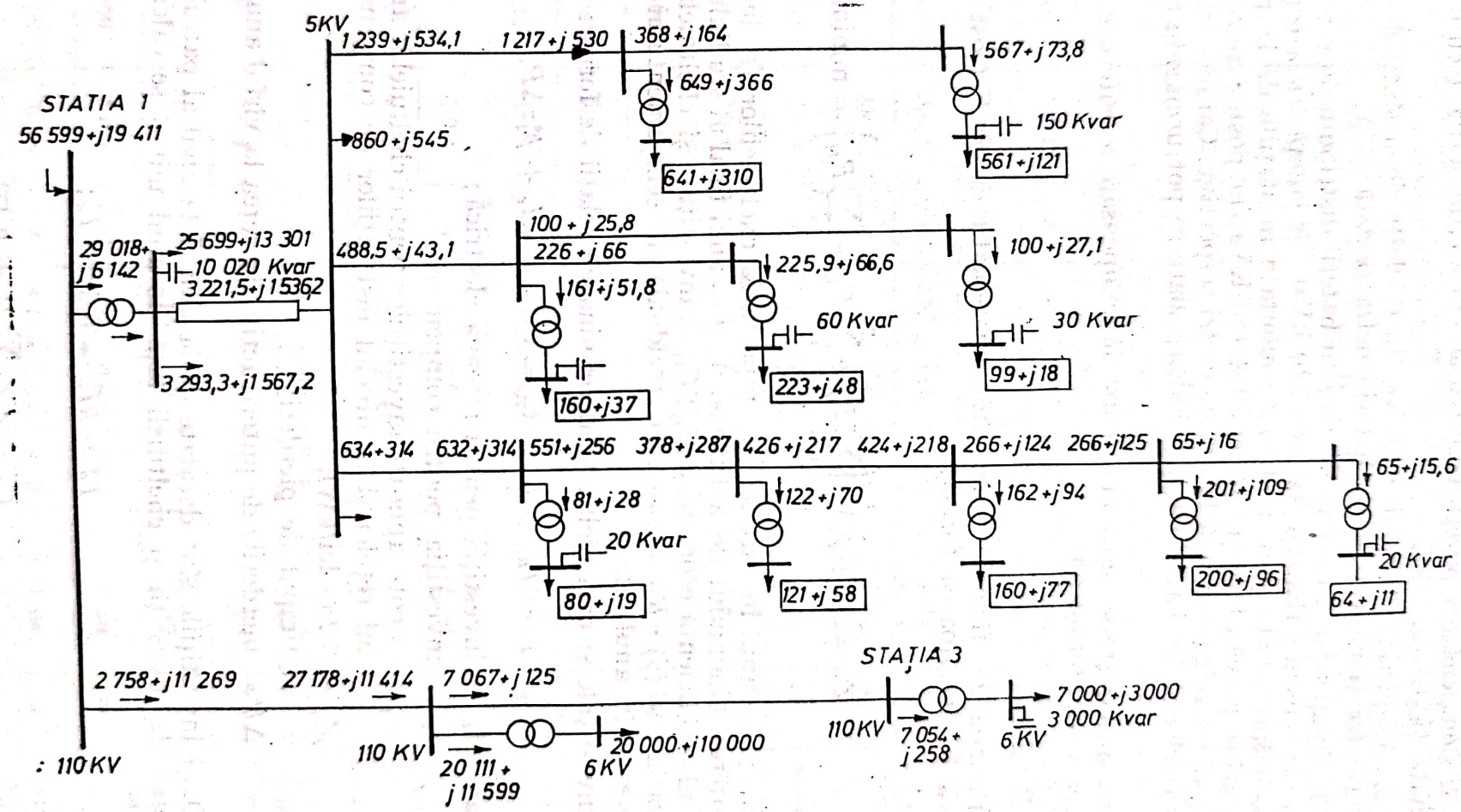


Fig. 44

Scanned with OKEN Scanner

Variantele comparate au următoarele caracteristici:

1. Compensarea puterii reactive la 110 kV, în stația 1 cu o baterie fracționată (V_1).

2. Compensarea puterii reactive în celelalte două stații de 110 kV cu o baterie fracționată și cu o baterie nefracționată (V_2).

3. Compensarea puterii reactive cu baterii distribuite în rețeaua de medie și joasă tensiune (baterii fixe) de 320 kVar. Se completează compensarea cu baterii fracționate și nefracționate montate în stațiile de la punctul 2. În posturi se prevăd baterii fixe de (20÷150)KVar pe post, care reprezintă circa 20% din sarcina reactivă la vîrf a rețelei respective. Caracteristicile transformatoarelor și ale bateriilor de condensatoare se pot urmări în tabelele (92 ÷ 93).

Se urmărește scrierea modelelor de compensare a puterii reactive și stabilirea variantei optime.

Rezolvare

Funcția de eficiență a modelului matematic de tip C (cost actualizat) se aplică în următoarea formă:

$$Z_{ac_j} = (1 + p_n)^{\pm i}\left(\sum_{i=0}^{n} I_{ij} + \sum_{i=0}^{n} C_{ij} - \sum_{i=1}^{n} R_{ij}\right) = \text{minim},$$

în care: i = anul în care se face raportarea cheltuielilor (se lucrează cu $-i$ la puterea binomului de actualizare); n = anul final al studiului; p = coeficientul de eficiență economică; I_{ij}; C_{ij} = investițiile și cheltuielile în anul (i) și varianta (j) · R_{ij} = valoarea reziduală a echipamentului care se demontează în anul (i).

Investițiile și cheltuielile se determină cu relații de forma:

$$I_i = I_{R_i} + I_{c_i}; \quad C_i = c_R I_R + c_c I_c + p_c^e \tau \Delta P,$$

în care: I_{R_i} = investiția pentru rețeaua electrică;
I_{c_i} = investiția pentru compensare;
c_R; c_c = cote aplicate investițiilor pentru cheltuielile anuale la nivelul rețelei și la nivelul instalațiilor de compensare;
p_c^e = 0,285 lei/kWh;
τ = timpul de pierderi;
ΔP = pierderile de putere activă în rețea la vîrful anual de sarcină.

Dacă investițiile sînt decalate de la anul I la anul al patrulea atunci reducerea de investiții și cheltuieli față de anul inițial se calculează astfel:

$$I_R = kI_R = 0{,}317 \cdot I_R;$$

$$C_R = c_R I_R \sum_{i=1}^{n} (1 + p_n)^{-i}.$$

Scanned with OKEN Scanner

CARACTERISTICILE TRANSFORMATOARELOR DIN SCHEMĂ

Tabelul 92

Stația (Postul) de transformare	Caracteristici transformatoare						Condiții instalare baterii			Observații
	S_n (kVA)	U_n (kV)	U_{sc} %	I_0 %	ΔP (kW) Fe	ΔP (kW) Cu	Celulă liberă MT	Panou liberă ST	Spațiu montaj baterie	
ST 1	2 × 40 000	110/5,5	12	1	42	180	da		da	
ST 2	2 × 25 000	110/6,3	11	1	26	130	da		nu	
ST 3	2 × 10 000	110/6,3	11	1,3	19	69	da		da	
PT 1	250	5/0,4	6	2,9	0,65	1,1		nu	nu	Supra-teran
	400	5/0,4	6	2,65	1,07	1,41		nu	nu	
	630	5/0,4	6	2,4	1,53	1,92		nu	nu	
PT 2	400	5/0,4	6	2,65	1,07	1,47		da	da	Supra-teran
	630	5/0,4	6	2,4	1,53	1,92		da	da	
PT 3	400	5/0,4	6	2,65	1,07	1,47		da	da	Subteran
PT 4	400	5/0,4	6	2,65	1,07	1,47		da	da	Subteran
PT 5	100	5/0,4	4	3,4	0,48	0,6		da	da	Subteran
	160	5/0,4	4	3,15	0,69	0,89		da	da	
PT 6	250	5/0,4	6	2,9	0,85	1,1		da	da	Subteran
PT 7	200	5/0,4	4	5,9	1,0	3,7		nu	nu	Subteran
	250	5/0,4	6	2,9	0,85	1,1		nu	nu	
PT 8	150	5/0,4	4	3,15	0,65	0,89		nu	nu	Subteran
	400	5/0,4	6	2,65	1,07	1,47		nu	nu	
PT 9	400	5/0,4	6	2,65	1,07	1,47		nu	nu	Supra-teran
	160	5/0,4	4	3,15	0,69	0,89		nu	nu	
PT 10	160	5/0,4	4	3,15	0,69	0,89		da	da	Supra-teran

Scanned with OKEN Scanner

CARACTERISTICILE BATERIILOR DE CONDENSATOARE
(locul de amplasare corespunde numerotării din planşa 1)

Tabelul 93

Varianta	Nr. nod	Puterea bateriei (Mvar)	Tensiune (kV)	Tipul bateriei	Durata de utilizare a bateriei TC (ore/an)	Cost investiţii		Observaţii
						Total (lei)	specific lei/(kvar)	
VARIANTA 1	27	13,35	5	Comutabilă automat cu trei trepte (3 × 4,46)	tr. 1—8 000 tr. 2—6 500 tr. 3—6 000	1 735 500	130	
VARIANTA 2	27	10,35	5	Comutabilă automată cu 3 trepte (3 × 3,45)	tr. 1—8 000 tr. 2—8 500 tr. 3—6 500	1 397 250	135	
	23	3		Comutabilă automat cu 1 treaptă	tr. 4—6 500	450 000	150	
TOTAL		13,35	5			1 847 250		
VARIANTA 3	23	3	5	Comutabilă automat cu 1 treaptă	tr. 1—6 500	450 000	150	
	27	10,02		Comutabilă automat cu 3 trepte (3 × 3,34)	tr. 1—8 000 tr. 2—6 500 tr. 3—5 000	1 352 700	135	
	14	0,15	0,4	fixă	8 760	30 000	200	
	15	0,04	0,4	„	8 760	8 000	200	
	16	0,06	0,4	„	8 760	12 000	200	
	17	0,03	0,4	„	8 760	6 000	200	
	18	0,02	0,4	„	8 760	4 000	200	
	22	0,02	0,4	„	8 760	4 000	200	
TOTAL		13,34				1 866 100		

Scanned with OKEN Scanner

Valorile factorului k se dau astfel:

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Observ.
k	0	0,091	0,174	0,249	0,317	0,379	0,436	0,478	0,533	0,576	

Pierderile de putere și energie în funcție de factorul de putere au următoarele expresii:

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{1}{\cos^2\varphi} \cdot \frac{P^2}{U^2} \cdot R;$$

$$\Delta E = P \cdot \tau = \frac{1}{\cos^2\varphi} \cdot \tau \cdot \frac{P^2}{U^2} \cdot R.$$

Pe baza calculației I_R și C_R întreprinderile de electricitate ar putea stabili care este numărul minim de ani de amînare a investițiilor pentru fiecare tip de rețea la care se preferă compensarea în raport cu dezvoltarea rețelei.

Formulele simplificate pentru calculul pierderilor de putere și pentru determinarea puterilor absorbite la capătul de injecție se dau în tabelul 94.

Alegerea variantei optime se face pe baza extremului minim atît al cheltuielilor actualizate cît și al costului de revenire (p_{rv}).

Structura costului de revenire arată astfel:

$$p_{rv} = \frac{\sum_i C_{ci} I_{ci} + p_c^e \cdot p_c \cdot \sum_i t_i Q_i + p_c^e \cdot \tau \Delta P_R - \sum_k C_{Rk} \Delta I_{Rk}}{\sum_i t_i Q_i}$$

în care:

p_{rv} = costul de revenire pe kVar produsă de bateriile de condensatoare (lei/kVar);

C_{ci} ; C_{Rk} = cota de cheltuieli anuale (amortizări, întreținere, revizii, reparații) pentru baterii de condensatoare (C_{ci}) și pentru rețele (C_{Rk});

I_{ci} = investiția în bateria de condensatoare ce se instalează;

p_c^e = 0,286 lei/kWh, prețul energiei electrice pe sistem;

p_c = 3,5 kW/Mvar — pierderile specifice în condensatoarele fabricate în țară; p_c = (1 — 5) kW/MVar pentru tipuri de condensatoare din import;

t_i = (4500 — 5000) h/an;

Q_i = puterea treptei la care funcționează bateria în MVar;

τ = timpul de pierderi;

ΔP_R = reducerea de pierderi active în rețeaua IRE ca urmare a compensării;

I_{Rk} = reducerea investițiilor actualizate pentru rețeaua (k) amînată pentru compensare.

Scanned with OKEN Scanner

FORMULE DE CALCUL SIMPLIFICATE PENTRU DETERMINAREA PIERDERILOR DE PUTERE ȘI PUTERILOR ABSORBITE LA CAPĂTUL DE INJECȚIE

TABELUL 94

	Elementele	Schema electrică de principiu	Schema electrică echivalentă	Parametrii electrici ai schemei echivalente	Pierderile de putere și aportul capacitiv	Puterea la capătul de intrare	
						P_2 (kW)	Q_2 (kVAr)
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Linie electrică aeriană	1 — s.l.n — 2; U_n; P_2 cos φ	1 — R_L, X_L — 2; P_2 cos φ	$R_L = \frac{L}{n} \cdot r_0$ $X_L = \frac{L}{n} \cdot 0{,}4$ r_0, din tabele, în funcție de „s"	$\Delta P = \frac{10^{-3} P_2^2}{U_N^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot R_L$ $\Delta Q = \frac{10^{-3} P_2^2}{U_N^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot X_L$	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q$
2	Canalizare electrică (subterană)	1 — s.l.n — 2; P_2 cos φ	1 — R_c, X_c — 2; y_c; Q_c; P_2 cos φ	$R_c = \frac{L}{n} \cdot 0{,}08$ $X_c = \frac{L}{n} \cdot 0{,}08$ $y_c = L y_0$ r_0, y_0 din tabele, în funcție de „s"	$\Delta P = \frac{10^{-3} P_2^2}{U_N^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot R_c$ $\Delta Q = \frac{10^{-3} P_2^2}{U_N^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot X_c$ $Q_c = 10^3 \cdot y_c \cdot U_N^2$	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q - Q_c$
3	Transformator cu două înfășurări	U_{1N}/U_{2N}; S_n; 1 — 2; $U_x, \Delta P_{Cu}$; ΔP_{Fe}; I_0; P_2 cos φ	1 — R_T, X_T — 2; ΔP_{Fe}; ΔQ_{Fe}; P_2 cos φ	$R_T = \Delta P_{Cu} \cdot \frac{U_N^2}{S_n^2} \cdot 10^3$ $X_T = U_x \cdot \frac{U_N^2}{S_n^2} \cdot 10$ (U_N poate fi U_{1N} sau U_{2N}) $\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0}{100} \cdot S_n$	$\Delta P = \Delta P_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot R_T$ $\Delta Q = \Delta Q_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot X_T$ (Același U_N cu care s-a calculat R_T, X_T)	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q$
4	Linie în serie cu transformator	U_{1N}/U_{2N}; S_n; 1 — s.l.n — 2; U_N; $U_x, \Delta P_{Cu}$; $\Delta P_{Fe}, I_0$; P_2 cos φ	1 — R, X — 2; ΔP_{Fe}; ΔQ_{Fe}; P_2 cos φ	$R = R_L + R_T$ { R_T, X_T calculate pentru $U_N = U_{1N}$ $X = X_L + X_T$ $\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0}{100} \cdot S_n$	$\Delta P = \Delta P_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot R$ $\Delta Q = \Delta Q_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot X$	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q$
		U_{1N}/U_{2N}; S_n; 1 — s.l.n — 2; U_N; $U_x, \Delta P_{Cu}$; $\Delta P_{Fe}, I_0$; P_2 cos φ	1 — R, X — 2; ΔP_{Fe}; ΔQ_{Fe}; P_2 cos φ	$R = R_L + R_T$ { R_T, X_T calculate pentru $U_N = U_{2N}$ $X = X_L + X_T$ $\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0}{100} \cdot S_N$	$\Delta P = \Delta P_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot R$ $\Delta Q = \Delta Q_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot X$	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q$
5	Cablu în serie cu transformator	U_{1N}/U_{2N}; S_n; 1 — s.l.n — 2; U_N; $U_x, \Delta P_{Cu}$; ΔP_{Fe}; I_0; P_2 cos φ	1 — R, X — 2; y_c; $\Delta P_{Fe}, \Delta Q_{Fe}$; Q_c; P_2 cos φ	$R = R_c + R_T$ { R_T, X_T calculate pentru $U_N = U_{1N}$ $X = X_c + X_T$ $y_c = n L y_0$ $\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0}{100} \cdot S_n$	$\Delta P = \Delta P_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot R$ $\Delta Q = \Delta Q_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot X$ $Q_c = 10^3 y_c \cdot U_N^2$	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q - Q_c$
		U_{1N}/U_{2N}; S_n; 1 — s.l.n — 2; U_N; $U_x, \Delta P_{Cu}$; $\Delta P_{Fe}, I_0$; P_2 cos φ	1 — R, X — 2; y_c; ΔP_{Fe}; ΔQ_{Fe}; P_2 cos φ	$R = R_c + R_T$ { R_T, X_T calculate pentru $U_N = U_{2N}$ $X = X_c + X_T$ $y_c = n.L.y_0$ $\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0}{100} \cdot S_n$	$\Delta P = \Delta P_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot R$ $\Delta Q = \Delta Q_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_2^2}{\cos^2\varphi \cdot U_N^2} \cdot X$ $Q_c = 10^3 y_c \cdot U_N^2$	$P_1 = P_2 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + \Delta Q - Q_c$
6	3 elemente în serie (Cablu, trafo)	U_{N1}/U_{N3}; S_n; 1 — s, l, n_1 — 2 — s_2, l_2, n_2 — 3; U_N; P_2 cos φ_2; P_3 cos φ_3	1 — R_1, X_1 — 2 — R_2, X_2 — 3; y_{c_1}; y_{c_2}; ΔP_{Fe}; ΔQ_{Fe} ($Q_{c_1} + Q_{c_2}$); P_2 cos φ_2 Q_2; P_3 cos φ_3 Q_3	$R_1 = R_{c_1}$ $X_1 = X_{c_1}$ $R_2 = R_T + R_{c_2}$ { R_T, X_T calculate pentru $U_N = U_{N1}$ $X_2 = X_T + X_{c_2}$ $\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0}{100} \cdot S_n$ $y_{c_1} = n_1 . L_1 . y_{0_1}$ $y_{c_2} = n_2 . L_2 . y_{0_2}$	$\Delta P = \Delta P_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_N^2} \cdot R_2 + 10^{-3} \cdot \frac{(P_2 + P_3)^2 + (Q_2 + Q_3)^2}{U_N^2} \cdot R_1$ $\Delta Q = \Delta Q_{Fe} + 10^{-3} \cdot \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_N^2} \cdot X_2 + 10^{-3} \cdot \frac{(P_2 + P_3)^2 + (Q_2 + Q_3)^2}{U_N^2} \cdot X_1$ $Q_c = (y_{c_1} \cdot U_N^2 + y_{c_2} \cdot U_N^2) 10^3$	$P_1 = P_2 + P_3 + \Delta P$	$Q_1 = Q_2 + Q_3 + \Delta Q - Q_c$

OBSERVAȚII:

1. Cu formulele de mai sus se calculează pierderile numai în funcție de puterile sarcinilor efective, chiar dacă sînt mai multe tronsoane de rețea în serie. Pierderile și aportul capacitiv la cable se consideră numai la determinarea puterii totale absorbite din rețea (P_1, Q_1)

2. Unitățile de măsură în care se exprimă toate mărimile cu care se lucrează sînt:
$P, \Delta P$ [kW]; $Q, \Delta Q, Q_c$ [kVAr]; S_n [kVA]; s [mm²]; r_0, x_0 [Ω/km]; y_0 [S/km]; L [km]; R, X [Ω]; y_c [S].

3. Caracteristici uzuale pentru cable și LEA

		s (mm²)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)	y_0 (s/km)
a)	Cable – 6 kV – Al.	120	0,257	0,08	0,000144
		150	0,204	0,08	0,00017
		240	0,133	0,08	0,00033
b)	LEA	–	–	0,4	–

Scanned with OKEN Scanner

Cotele pentru determinarea cheltuielilor anuale care se aplică investițiilor au valorile din tabelul 95.

Tabelul 95

Nr. crt.	Instalația de rețea	Cota cheltuielilor anuale
1	Posturi de transformare MT/JT	0,07
2	Rețea subterană	0,07
3	Rețea aeriană 110 kV și rețea de medie tensiune	0,10
4	Stație 110 kV pe medie tensiune	0,11
5	Baterii de condensatoare	0,11

Efectul compensării în cele trei variante, rezultă din analiza datelor din tabelul 96, *a*, *b* și a circulației de puteri din schema figurii 44.

Reducerea pierderilor de putere în variantele analizate este maximă la varianta a III-a (80 kW) și scade spre varianta a doua (53 kW) ca pentru varianta I să fie doar de 12 kW.

Bateriile montate la joasă tensiune au un efect de reducere a pierderilor de 90 kW/MVar.

Costul de revenire în lei/Mvar pentru cele trei variante are următoarele valori:

$$p_{cr_I} = 3{,}06 \text{ lei/MVar};$$

$$p_{cr_{II}} = 2{,}74 \text{ lei/MVar};$$

$$p_{cr_{III}} = 2{,}45 \text{ lei/MVar}.$$

Indicatorii de comparare a variantelor (V_1), (V_2), (V_3) se pot urmări în tabelul 96, *b*.

Se acceptă ca optimă varianta a treia din următoarele considerente:

— Instalarea a 0,32 MVar în baterii fixe de condensatoare în posturi de MT/JT reprezintă 0,01 din consumul total de putere reactivă la vîrf și 0,03 din totalul puterii compensate.

— Instalarea a 13 MVar ca baterii comutabile în stații coborîtoare de 110 kV, reprezintă 0,4 din consumul total de putere reactivă la vîrf și 0,97 din puterea compensată.

— Investiția totală pentru compensarea celor 13,4 MVar este de $1{,}8667 \cdot 10^6$ lei, iar reducerile pierderilor de putere sînt de 80 kW la vîrful anual de sarcină.

Scanned with OKEN Scanner

CARACTERISTICILE ELECTRICE ŞI PIERDERILE ÎN ELEMENTELE REŢELEI

Tabelul 96,a

Elementul		Caracteristici electrice				Pierderi (ΔP, ΔQ) şi aport capacitiv (Qc)											
						Regim necompensat			V_1(compensare ST_1)			V_2(compensare ST_1 şi ST_2)			V_3(compensare ST_1, ST_2) MT		
Număr	Tip	R (Ω)	X (Ω)	Y (S)	Un (kV)	ΔP kw	ΔQ kvar	Qc kvar	ΔP kw	ΔQ kvar	Qc kvar	ΔP kw	ΔQ kvar	Qc kvar	ΔP kw	ΔQ kvar	Qc kvar
1—27	trafo	0,68	18,15		110	164	2408	—	151	2066	—	152	2096	—	134	2094	—
2—27	cablu	0,141	0,067	0,000124	5	79	37,6	3,1	79	37,6	3,1	79	37,6	3,1	71,8	34,1	3,1
2—3	cablu	0,318	0,125	0,00019	5	24	13,75	4,75	24	13,75	4,75	24	13,75	4,75	22	8,85	4,75
3—13	trafo	0,28	1,17		5	8	56	—	8	56	—	8	56	—	8	56	—
3—4	cablu	0,073	0,029	0,000439	5	1	20,97	10,97	1	20,94	10,97	1	20,97	10,97	1	1	10,97
4—14	trafo	0,19	0,9		5	5	54	—	5	54	—	5	54	—	6	52,9	
2—5	cablu	0,048	0,019	0,0000288	5	0	10,7	0,7	0	10,7	0,7	0	10,7	0,7	0	0,2	0,7
5—6	cablu	0,073	0,02	0,0000242	5	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	0	0,6	0,6	0	0	0,6
6—16	trafo	0,9	3,75		5	1	7	—	1	7	—	1	7	—	1	6	—
5—7	cablu	0,099	0,036	0,00005	5	0	1,25	1,25	0	1,25	1,25	0	1,25	1,25	0	0	1,25
7—17	trafo	2,05	3,95		5	2	17	—	2	17	—	2	17	—	2	16	—
5—15	trafo	0,9	3,75		5	1	13	—	1	13	—	1	13	—	1	12	—
2—8	cablu	0,12	0,038	0,0000502	5	2,5	0,35	1,25	2,5	0,35	1,25	2,5	0,35	1,25	2	1,25	1,25
8—18	trafo	1,76	6		5	1	7	—	1	7	—	1	7	—	1	6	—
8—9	cablu	0,171	0,049	0,0000623	5	2,7	0,85	1,55	2,7	0,85	1,55	2,7	0,85	1,55	2,7	0,55	1,55
9—19	trafo	0,78	2,22		5	1	12	—	1	12	—	1	12	—	1	12	—
9—10	cablu	0,102	0,057	0,0000746	5	1,8	0,77	1,87	1,8	0,77	1,87	1,8	0,77	1,87	1,8	0,87	1,87
10—20	trafo	0,57	2,4		5	2	17	—	2	17	—	2	17	—	2	17	—
10—11	cablu	0,167	0,047	0,0000595	5	0	0,58	1,48	0	0,58	1,48	0	0,58	1,48	0	0,48	1,48
11—21	trafo	0,9	3,75		5	1	13	—	1	13	—	1	3	—	1	13	—
11—12	cablu	0,0467	0,0184	0,0000279	5	0	0,29	0,69	0	0,29	0,69	0	0,29	0,69	0	0	0,69
12—22	trafo	3,25	6,25		5	1	4	—	1	4	—	1	4	—	1	4	—
1—26	cablu	5,7	14,2	0,0001	110	439	1095	1210	439	1095	1210	403	1015	1210	403	1005	1210
25—26	trafo	1,25	26,6		110	111	1599	—	111	1599	—	111	1599	—	111	1599	—
24—26	cablu	3,2	8	0,0000568	110	15	40	687	15	40	687	13	35	687	13	35	687
23—24	trafo	4,17	66,5		110	58	578	—	58	578	—	54	528	—	54	528	—
TOTAL						920	6007,71	1925,21	908	5665,71	1925,21	867	5560,71	1925,21	840,3	5503,2	1925,21

Scanned with OKEN Scanner

TABEL PENTRU COMPARAȚIA TEHNICO-ECONOMICĂ A VARIANTELOR DE AMPLASARE A BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Tabelul 96,b

Nr. crt.	Specificații		Varianta V_1	Varianta V_2	Varianta V_3
1	Puterea totală compensată Q_c(Mvar)		13,35	13,35	13,34
2	Investiții în instalații de compensare I_c/lei		1 735 500	1 847 250	1 966 700
3	Reduceri investiții rețele ΔI_R (lei)	Posturi MT/JT	—	—	—
		LEA MT	—	—	—
		Canalizări MT	—	—	—
		Stații 110 kV	—	—	—
		LEA 110 kV	—	—	—
		Mijloace reglaj tensiune	—	—	—
4	Energie reactivă produsă (Kvarh)		86 775 000	86 775 000	87 433 000
5	Pierderi energie activă în condensatoare (kWh)		303 912	303 712	306 016
6	Reduceri pierderi energie activă în rețea (kWh)		40 800	180 200	272 000
7	Cheltuieli anuale instalații compensare (lei)		190 906	203 198	205 337
8	Reduceri cheltuieli anuale rețele (lei)		—	—	—
9	Cost anual pierderi-condensatoare (lei)		86 862	86 862	87 521
10	Reducere cheltuieli anuale-pierderi rețele (lei)		11 664	51 516	77 760
11	Cost revenire specific αQ (lei/Mvarh)		3,06	2,74	2,45
12	Reduceri specifice de pierderi $\Delta P_R/Q_c$ (Kw/Mvar)		0,92	4,1	6,15

Problema 69

În vederea optimizării factorului de putere la nivelul unui sistem industrial se presupun cunoscute următoarele:

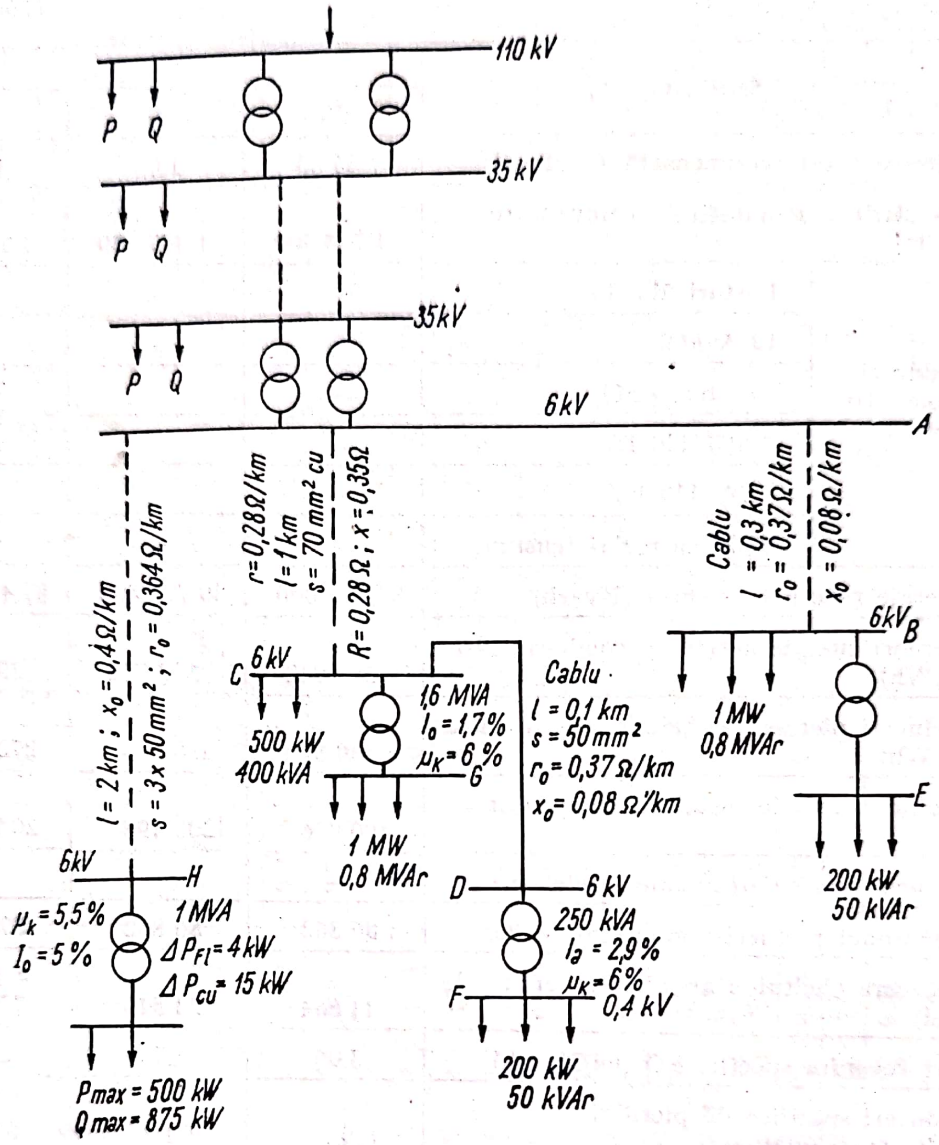
— Sistemul industrial este alimentat printr-o stație de 110/35/6 kV. Linia electrică care leagă stația de transformatorul coborîtor (6/0,4) kV (fig. 45, *a*, *b*) are caracteristicile: $l = 2$ km; $s = 3 \times 50$ mm^2 Cu; $r_0 = 0{,}364$ ohmi/km; $x_0 = 0{,}4$ ohmi/km.

Stația coborîtoare este înzestrată cu un transformator de 1000 kVA la care pierderile în fier și cupru, tensiunea de scurtcircuit și i_{gol} au valorile:

$$\Delta P_{cu} = 15 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{fier} = 4 \text{ kW}; \quad u_{sc} = 5{,}5\%; \quad i_{gol} = 5\%$$

Scanned with OKEN Scanner



Curba de variație $Z = f(\cos\varphi)$

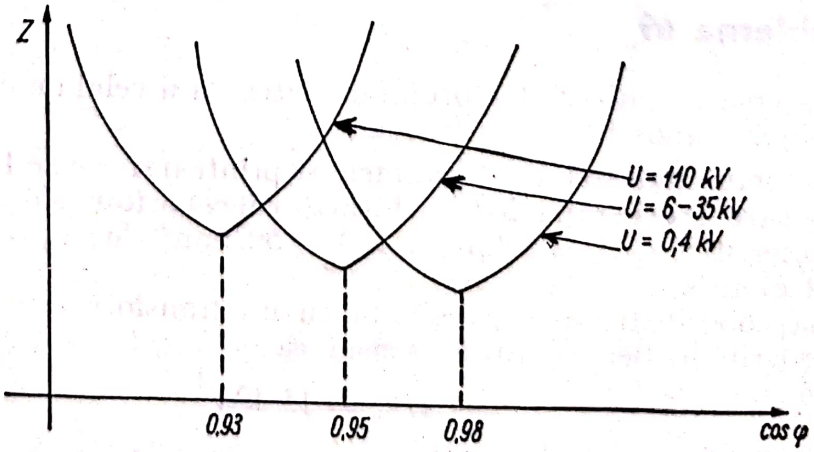


Fig. 45 *a, b*

— consumatorul industrial funcționează $t_c = 300$ zile/an și absoarbe următoarele energii activă (E_a) și reactivă (E_r):

$$E_a = 1{,}566 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}; \quad E_r = 2{,}5359 \cdot 10^6 \text{ kVarh/an}.$$

Puterile activă și reactivă la vîrf au valorile:

$$P_{av} = 500 \text{ kW}; \quad Q_{r\,max} = 875 \text{ kVar h}$$

— Celelalte mărimi necesare compensării factorului de putere de la $\cos\varphi = 0{,}5$ pînă la $\cos\varphi_{optim}$ se dau astfel: timpul de pierderi $t_p = (2350 - 3200) = \tau$; investiția specifică $i^m_{sp} = 0{,}42$ lei/kWh; $i^s_{sp} = 4320$ lei/kWi; $i^{ic}_{sp} = 225$ lei/kVar; $p^e_c = 0{,}26$ lei/kWh; $p_{a+r} = 0{,}15$; puterea condensatoarelor și compensatoarelor este cea prevăzută în prescripții de exploatare a instalațiilor pentru $U = 110$ kV; $U = (6 \div 35$ kV); și $U = 0{,}4$ kV. De menționat că mașinile sincrone (compensatoare sincrone) se montează în sistem numai pentru puteri reactive de cel puțin 5000 kVar.

Soluția optimă de compensare se determină pe baza minimului cheltuielilor de calcul.

Funcția de eficiență privind compensarea factorului de putere se poate scrie sub forma:

$$Z_{\cos\varphi} = C_{\cos\varphi} + p_n I_{\cos\varphi} = \text{minim};$$

$$C_{\cos\varphi} = C_{amor} + C_{energie} = p_{a+r} I_{\cos\varphi} + p^e_c \Delta E_i;$$

$$C_{\cos\varphi} = p_{a+r} i^{ic}_{sp} \cdot Q^{ic}_i + p^e_c \Delta E_i;$$

$$I_{\cos\varphi} = I^{ic}_i + I_m + I_{\Delta P} = i^{ic}_{sp} Q^{ic}_i + i^m_{sp} \Delta E_i + i^s_{sp} \Delta P_i;$$

$$C_{energie} = p^e_c \Delta E_i = p^e_c (\Delta E_c + \Delta E_r + \Delta E_t + \Delta E_s) = C_{\Delta E};$$

$$\Delta E_c = p^{ct}_s Q^{ic}_i; \quad \Delta E_{r+t} = t_p P_{r+t}; \quad \Delta E_s = p^s_s \cdot Q_s.$$

$$\Delta P_{r+t} = \left(R_r \cdot \frac{Q^2_2}{U^2} + R_t \cdot \frac{Q^2_i}{U^2} \right) \cdot 10^3; \quad \Delta Q_s = P_s \cdot \operatorname{tg}\varphi.$$

Compensarea factorului de putere de la $\cos\varphi_I = 0{,}5$ la $\cos\varphi_{II} = 0{,}6$ implică o putere reactivă egală cu 0,208 MVar calculată astfel:

$$Q_I = P_I \operatorname{tg}\varphi_I = 0{,}5 \times 1{,}752 = 0{,}875 \text{ MVar};$$

$$Q_{II} = P_{II} \operatorname{tg}\varphi_{II} = 0{,}5 \times 1{,}327 = 1{,}667 \text{ MVar};$$

$$Q^{ic}_i = Q_I - Q_{II} = P_I(\operatorname{tg}\varphi_I - \operatorname{tg}\varphi_{II}) = 0{,}208 \text{ MVar}.$$

Această putere se acoperă cu o instalație de condensatoare de 14×15 kVar $= 210$ kVar.

Puterile reactive care circulă în linie (r), transformator (t) și sistem (s) se calculează astfel:

$$Q_t = \frac{i_g \cdot S_n}{100} + \frac{S^2}{S_n} \cdot \frac{\mu_k}{100} \qquad Q_{t_I} = 0{,}1056 \text{ MVar}; \quad Q_{t_{II}} = 0{,}088 \text{ MVar};$$

$$Q_r = x_0 \frac{S^2_2}{U^2} (\text{MVar}); \qquad S_I = 1{,}015 \text{ MVA}; \; Q_{r_I} = 0{,}0228 \text{ MVar}; \quad S_{II} = 0{,}832 \text{ MVA}; \; Q_{r_{II}} = 0{,}01545 \text{ MVar};$$

$$Q_s = (Q^{ic}_i + Q_t + Q_r).$$

Scanned with OKEN Scanner

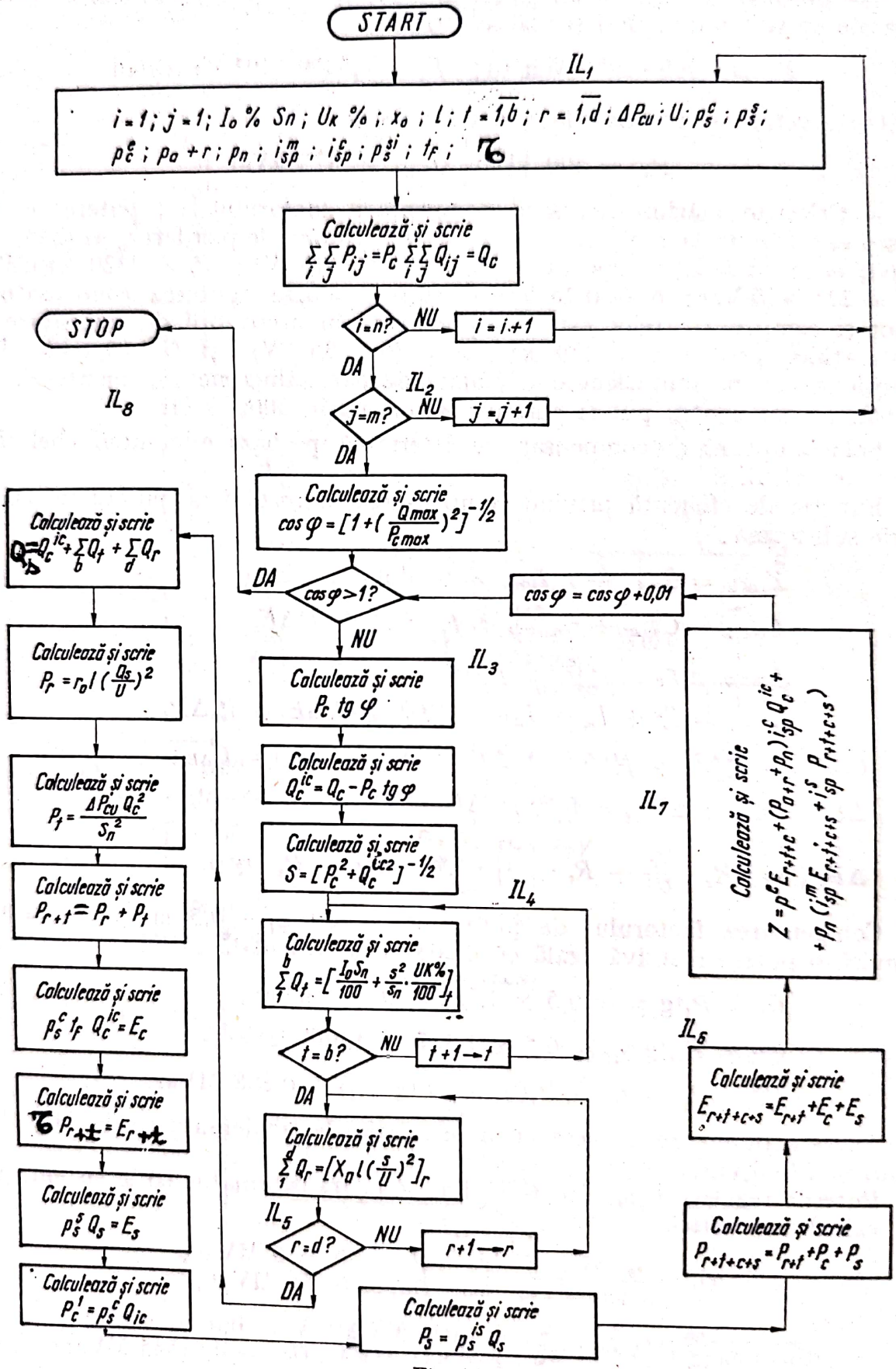

START
IL1
i = 1; j = 1; I0 % Sn; Uk %; x0; l; t = 1,b; r = 1,d; ΔPcu; U; pcs; pss;
pce; pa + r; pn; ism; isp; pssi; tf; τ
Calculează și scrie
Σ Σ Pij = Pc Σ Σ Qij = Qc
i = n?
NU
i = i + 1
DA
IL2
j = m?
NU
j = j + 1
DA
Calculează și scrie
cos φ = [1 + (Qmax / Pcmax)²]^-1/2
DA
cos φ > 1?
cos φ = cos φ + 0,01
NU
IL3
Calculează și scrie
Pc tg φ
Calculează și scrie
Qcic = Qc − Pc tg φ
Calculează și scrie
S = [Pc² + Qcic²]^-1/2
IL4
Calculează și scrie
Σ Qt = [I0Sn/100 + s²/Sn · UK%/100]t
t = b?
NU
t + 1 → t
DA
Calculează și scrie
Σ Qr = [X0 l (s/U)²]r
IL5
r = d?
NU
r + 1 → r
DA
Calculează și scrie
Ps = pssis Qs
STOP
IL8
Calculează și scrie
Qs = Qcic + Σb Qt + Σd Qr
Calculează și scrie
Pr = r0 l (Qs/U)²
Calculează și scrie
Pt = ΔPcu Qc² / Sn²
Calculează și scrie
Pr+t = Pr + Pt
Calculează și scrie
pscs tf Qcic = Ec
Calculează și scrie
τ Pr+t = Er+t
Calculează și scrie
pss Qs = Es
Calculează și scrie
Pc1 = pscs Qic
IL7
Calculează și scrie
Z = pce Er+t+c + (pa+r + pn) isp c Qcic +
+ pn (ism Er+t+c+s + isp s Pr+t+c+s)
IL6
Calculează și scrie
Er+t+c+s = Er+t + Ec + Es
Calculează și scrie
Pr+t+c+s = Pr+t + Pc + Ps

Fig. 46

Calculînd valorile cheltuielilor pentru cele două situații se obțin următoarele rezultate:

$$Z_{II} = 56{,}4 \times 10^3 \text{ lei/an} \quad Z_I = 69{,}52 \times 10^3 \text{ lei/an.}$$

Continuînd calculele pe baza schemei logice din figura 46 se obțin pentru diverse nivele de tensiune următoarele valori ale factorului de putere:

$U = 0{,}4$ kV $\qquad \cos \varphi_{optim} = 0{,}98$;

$U = (6 \div 35)$ kV $\qquad \cos \varphi_{optim} = 0{,}95$;

$U = 110$ kV $\qquad \cos \varphi_{optim} = 0{,}93$.

Curbele de variație ale cheltuielilor de calcul ($Z \cos\varphi$) în funcție de diverse valori ale factorilor de putere se pot urmări pe figura 45, *b*.

Problema 70

În vederea aplicării teoriei grafelor la studiul organigramelor de organizare a centralelor electrice se presupun cunoscute următoarele:

— Organigrama centralei electrice în care apar toate serviciile funcționale (fig. 47);

— Schema simplificată a grafului atașat acestor tipuri de organigrame (fig. 47, *a*);

— Tipurile de legături formale și de serviciul între diverse compartimente din organigrame;

— Ecarturile dintre vîrfurile grafurilor și numărul de legături obligatorii în graf.

Se cere:

1. Scrierea și comentarea relațiilor de calcul pentru determinarea indicilor de centralitate și periferism. Comentarea modului de calcul al puterilor de iterație de ordinul (1) și (2).

2. Determinarea ecarturilor între cele 28 de puncte din graful atașat organigramei și determinarea indicelui de centralitate și periferism (β_i și γ_i). Stabilirea puterilor de iterație de ordinul (1) și (2).

3. Calcularea puterii de iterație de ordinul al treilea și comentarea rezultatelor.

Rezolvare

1. Indicii de centralitate (β_i) și periferism (γ_i) se calculează cu relații de forma:

$$1.1\ \beta_i = \frac{\sum_i \sum_j e(x_i; x_j)}{\sum_i e(x_i; x_j)}; \qquad 1.2\ \gamma_i = \beta_h - \beta_i$$

Scanned with OKEN Scanner

ORGANIGRAMA-TIP A CENTRALEI ELECTRICE
(ÎN CADRUL ÎNTREPRINDERII DE CENTRALE ELECTRICE)

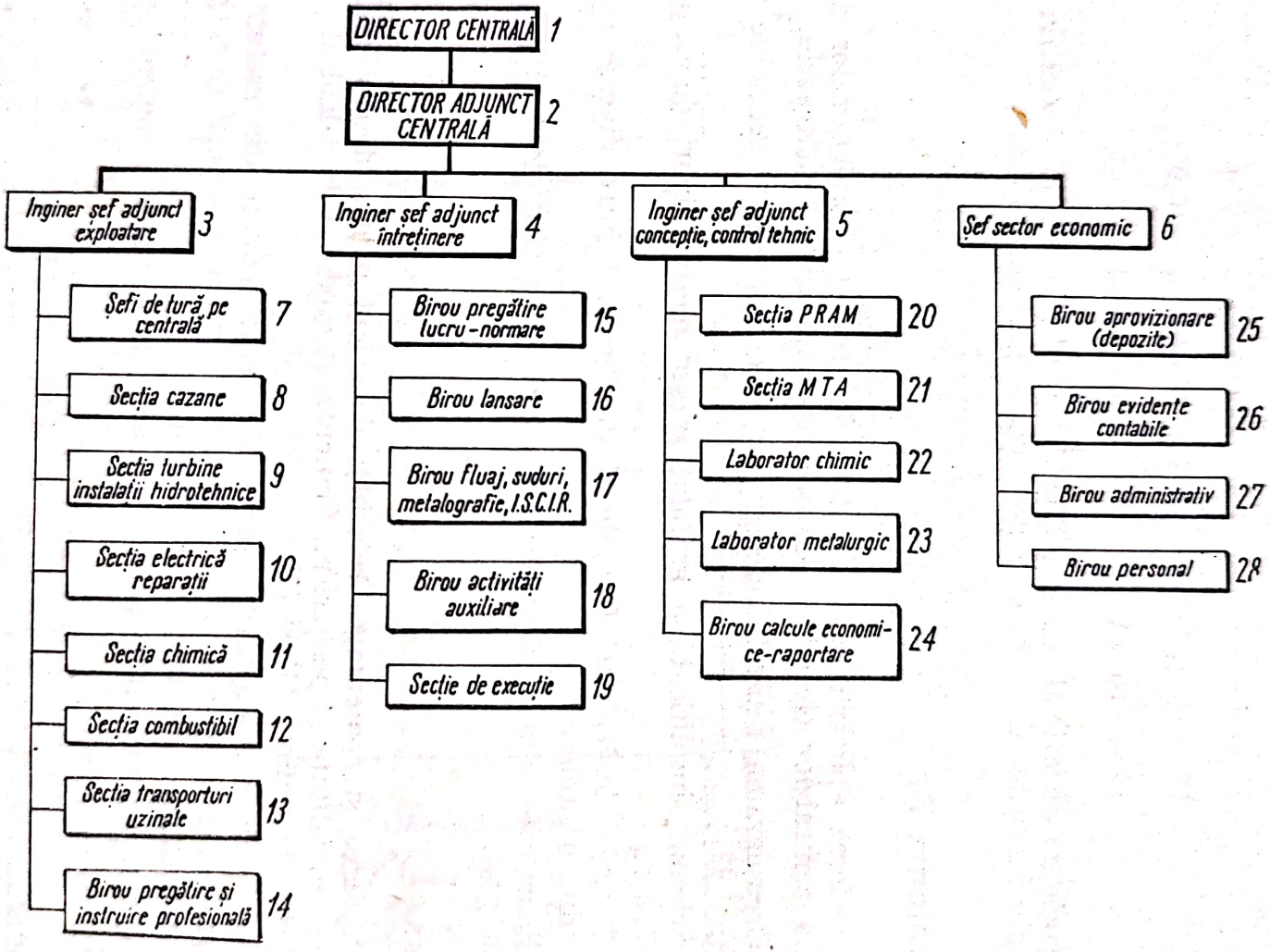
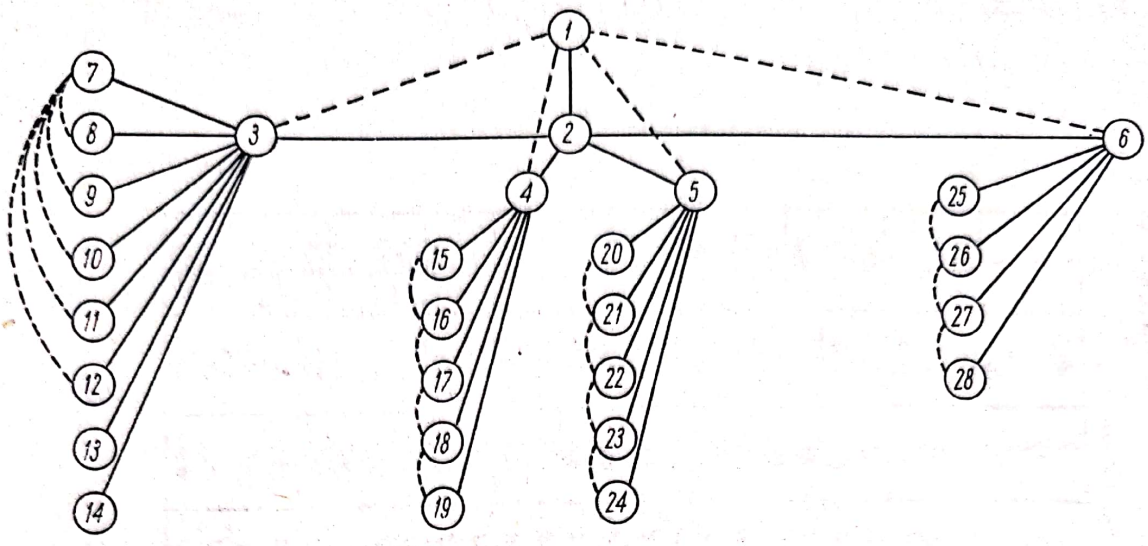


Fig. 47

Scanned with OKEN Scanner



Graful organigramei tip a centralei electrice

---- *Legături reale de serviciu*
—— *Legături formale*

Fig. 47, *a*.

în care:

β_h = indicele de centralitate al vîrfului central din graf;

e = ecarturile între vîrfurile grafului (x_i) și (x_j).

Puterea de iterație de ordinul (1) se determină adunînd ecarturile fiecărei linii în parte din matricea grafului analizat. Puterea de iterație de ordinul al doilea se obține înmulțind puterea de iterație de ordinul (1) cu fiecare element de pe liniile matricei (booleene) scrisă pentru legăturile de serviciu dintre compartimentele organigramelor.

Puterea de iterație de ordinul al treilea (3) se obține făcînd suma produselor dintre coeficienții vîrfurilor și puterea iterativă de ordinul al doilea.

2. Rezultatele de calcul pentru ecarturile vîrfurilor din graful atașat organigramei din fig. 47, indicii de centralitate și periferii cît și puterile de iterație de ordinul (1) și (2) se dau în tabelul 97 și 98.

3. Puterea de iterație de ordinul al treilea se calculează astfel:

$$p_1^{(3)} = 35.0 + 35.1 + 301 + 17.1 + 15.1 + 14.1 = 111 = p_2^{(3)}$$

Din analiza datelor de calcul rezultă că cel mai puternic vîrf în graf este acela prin care trec cele mai multe legături și pentru care rezultă cea mai mare valoare a indicelui de centralitate.

Pe baza acestor calculații, organigrama se raționalizează astfel încît resursele umane să fie utilizate optim.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 97

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	e(x)	Σe(x)+	β	γ_i
1		1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	49	46,2	1
2	1		2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	49	46,2	1
3	1	1		2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	48	47,2	0
4	1	1	2		2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	64	35,5	11,7
5	1	1	2	2		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	64	35,5	11,7
6	1	1	2	2	2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	3	66	34,4	12,8
7	2	2	1	3	3	3		1	1	1	1	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	28,7	18,5
8	2	2	1	3	3	3	1		2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	84	27,0	20,2
9	2	2	1	3	3	1	1	2		2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	83	27,4	19,8
10	2	2	1	3	3	3	1	2	2		2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	83	27,4	19,8
11	2	2	2	3	3	3	1	2	2	2		2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	83	27,4	19,8
12	2	2	1	3	3	3	1	2	2	2	2		2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	83	27,4	19,8
13	2	2	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2		2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	84	27,0	20,2
14	2	2	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	84	27,0	20,2
15	2	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4		1	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	88	25,8	21,4
16	2	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1		2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	89	25,5	21,7
17	2	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
18	2	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2		2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
19	2	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
20	2	2	3	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		2	2	2	2	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
21	2	2	3	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2		2	2	2	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
22	2	2	3	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		2	2	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
23	2	2	3	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2		2	4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
24	2	2	3	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2		4	4	4	4	4	90	25,2	22,0
25	2	2	3	3	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		2	2	2	4	92	24,7	22,5
26	2	2	3	3	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2		2	2	4	92	24,7	22,5
27	2	2	3	3	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2		2	4	92	24,7	22,5
28	2	2	3	3	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	2	2	2		4	92	24,7	22,5

e(x) = arată ecartul maxim ; Σe(x) = suma tuturor ecarturilor de pe linia considerată.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 98

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	P_1	P_2
1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	35
2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	35
3	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	28
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	18
5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7	15
6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6	14
7	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	17
8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
9	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
10	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
11	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
12	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10
15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	7
26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	7
27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7

$P_1 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$; $P_2 = 0.5 + 1.5 + 1.10 + 1.7 + 1.7 + 1.6 = 35$

Scanned with OKEN Scanner

Problema 71

Pentru determinarea numărului de personal TESA necesar unor întreprinderi de electricitate în vederea executării unui volum de lucrări se presupun cunoscute următoarele mărimi:

— Factorii (x) de influență: x_1 = numărul de muncitori; x_2 = energia livrată și x_3 = numărul consumatorilor (în mii de receptori) după cum rezultă din tabelul 99.

— Numărul de personal TESA $C_0 = 57{,}7$ ce îl are întreprinderea la înființare și care crește pe măsura dezvoltării activității.

— Numărul de muncitori Y_k cu care lucrează efectiv 18 întreprinderi de electricitate din țară.

— Numărul întreprinderilor supuse analizei $m_0 = 18$.

Să se determine:

1. Structura relațiilor care permit construirea modelului matematic pentru calcularea necesarului de personal muncitor.
2. Numărul de personal TESA necesar pentru executarea unui volum dat de lucrări.
3. Condițiile de economicitate rezultate din analiza structurii personalului existent (Y_k^e) în întreprindere și cel calculat (Y_k^c).

Rezolvare

1. $$Y_k^c = C_0 + \sum_1^n C_k x_k$$

$$m_0 C_0 + \sum_1^n \Sigma C_k x_k = \sum_1^m Y_k$$

$$x_1\left(C_0 + \sum_1^n C_k x_k\right) = x_1 \sum_1^n Y_k$$

$$x_m\left(C_0 + \sum_1^n C_k x_k\right) = x_m \sum_1^n Y_k$$

$$R = \sum_1^m (C_0 + C_1 x_{1i} + \ldots + C_k x_{k_i} - Y_k)^2 = \text{minim}$$

$$V_i = Y_k^c h_m = \sum_{j=1}^{g} \sum_{i=1}^{1} n_{ij} x_{ij} = \text{volumul real de muncă,}$$

în care:

h_m = numărul mediu de ore de lucru al fiecărui lucrător;
n_{ij} = normele specifice de lucrări pentru sectorul ($j = 1 \ldots g$) și pentru profesia ($i = 1 \ldots e$);
x_{ij} = numărul de lucrători de diverse profesii (i) pentru diferite sectoare (j).

Scanned with OKEN Scanner

2. Scriind modelul (1) cu datele din tabelul (99) rezultă:

$$18C_0 + 20\,226C_1 + 16\,264C_2 + 2\,829C_3 = 3\,585$$

$$20\,226C_0 + 25\,164\,898C_1 + 19\,642\,322C_2 + 3\,545\,866C_3 = 6\,777\,091$$

$$16\,264C_0 + 19\,642\,322C_1 + 19\,436\,048C_2 + 2\,864\,328C_3 = 5\,452\,338$$

$$2\,829C_0 + 3\,345\,866C_1 + 2\,864\,328C_2 + 532\,548C_3 = 977\,852$$

Înlocuind valorile lui C_0 se determină C_1, C_2, C_3 și se obțin următoarele rezultate:

$$C_1 = 0{,}123; \quad C_2 = 0{,}04; \quad C_3 = 0{,}49$$

*Tabelul 99**

Denumirea întreprinderii	Factorii de influență			Numărul de personal TESA existent în întreprindere Y_k
	x_1	x_2	x_3	
Arg.	1 047	1 414	111	290
Bc.	1 137	2 082	133	307
Tm.	1 731	895	297	433
Buc. IRE	2 016	888	234	463
Buc. IDE	1 457	1 766	340	522
Bv.	537	702	95	220
Cj	1 030	703	163	307
Cr	918	307	131	261
Ct	1 120	508	121	273
Gl	972	607	149	290
Hd	1 077	1 291	147	281
Iș	826	335	87	254
Mm	1 001	427	90	271
Mș	735	990	132	230
Ot	1 379	1 232	178	304
Pl	1 560	1 391	209	424
Sb	948	492	135	227
Sv	731	241	78	235

* Datele se refera la postdicție și au caracter orientativ.

Se transpun acești factori de corecție în prima relație a modelului matematic (1) și rezultă:

$$Y_k^c = 57{,}7 + 0{,}123x_1 + 0{,}04x_2 + 0{,}49x_3$$

c) Pentru diverse valori ale factorilor de influență (x_1, x_2, x_3) se obțin pentru întreprinderile specificate în tabelul 99 valori pentru (Y_k^c) și ($Y_k^e - Y_k^c$) așa cum rezultă din tabelul 100.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 100

Nr. crt.	Întreprinderea de electricitate	Y_k^e	Y_k^c	$(Y_k^c - Y_k^e)$
0	1	2	3	4
1	Arg	290	298	− 8
2	Bc	307	347	− 40
3	Tm	433	549	− 26
4	Buc. IRE	463	456	+ 7
5	Buc. IDE	522	474	+ 48
6	Bv	220	199	+ 21
7	Cj	261	247	+ 14
8	Cv	307	293	+ 8
9	Ct	273	274	− 1
10	Gl	290	275	+ 15
11	Hd	281	314	− 33
12	Is	254	216	+ 38
13	Mm	271	242	+ 29
14	Ms	230	253	− 23
15	Ot	304	364	− 60
16	Pl	424	408	+ 16
17	Sb	227	260	− 33
18	Sv	235	194	+ 41

Datele folosite în calcule se referă la anul de bază și arată că numărul de personal existent în întreprinderile de electricitate din țară în anul analizat nu a fost corespunzător cu excepția întreprinderii de electricitate Constanța unde ar fi trebuit angajat un tehnician. Șapte întreprinderi au lucrat cu un număr mai mic de personal, iar zece întreprinderi au fost supradotate cu personal TESA.

Aceasta arată că prin aplicarea metodelor matematice moderne la normarea personalului se ajunge la organizarea rațională în producție a resurselor umane.

Problema 72

Într-o întreprindere cu caracter energetic în anul de bază au fost următoarele categorii de lucrători:

a) 800 muncitori cu o retribuție medie lunară de 2400 lei;

b) 70 ingineri cu o retribuție medie lunară de 3000 lei;

c) 60 lucrători TESA cu o retribuție medie lunară de 1800 lei.

Producția globală în anul de bază a fost de 100×10^6 lei.

Se prevede o creștere a producției în anul planificat cu 50% față de cel de bază.

Creșterile numărului de lucrători și creșterile retribuțiilor se prevăd a fi în anul de plan următoarele:

— Numărul de muncitori crește cu 20%, iar retribuția lor cu 16%;

— Numărul de ingineri și tehnicieni crește cu 16%, iar retribuția lor cu 8%.

— Restul personalului rămîne același fără a-și schimba retribuția și structura.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine:

1. Numărul de muncitori, ingineri, tehnicieni și retribuțiile lor în anul de plan față de anul de bază;
2. Productivitatea muncii și fondurile de retribuție atît pentru anul de bază cît și pentru anul de plan;
3. Indicatorii de creștere a producției, a productivității, a retribuției medii, a fondului de retribuție și a numărului de lucrători.

Rezolvare

1. $N_{e_1} = N_{e_0} \cdot i_{N_e} = 800 \times 1{,}2 = 960$ muncitori;

$N_{e_1} = N_{e_0} \cdot i_{N_e} = 701{,}16 = 82$ ingineri;

$N_{e_1} = N_{e_0} \cdot i_{N_e} = 60 \cdot 1 = 60$ personal TESA;

$R_{m_1} = R_{m_0} \cdot i_{rm} = 2400 \times 1{,}16 = 2784$ lei/lună;

$R_{m_1} = R_{m_0} \cdot i_{rm} = 3000 \times 1{,}08 = 3240$ lei/lună;

$R_{m_1} = R_{m_0} \cdot i_{rm} = 1800 \times 1 = 1800$ lei/lună.

2. $P_{m_0} = \frac{P_0}{N_{e_{0T}}} = \frac{100 \cdot 10^6}{930} = 1\,108\,000$ lei;

$P_{m_1} = \frac{1{,}5 \cdot 10^8}{1102} = 135 \cdot 10^3 = 135\,000$ lei;

$N_{1_{0T}} = N_{1_0} + N_{1_0} + N_{1_0} = 930$ lucrători;

$N_{1_{1T}} = N_{1_1} + N_{1_1} + N_{1_1} = 960 + 82 + 60 = 1102$ lucrăt.

3. $i_p = \frac{P_0}{P_1} = 1{,}5$; $i_{p_m} = \frac{Pm_1}{Pm_0} = \frac{135.000}{108.000} = 1{,}25$;

$i_{s_m} = \frac{Rm_1}{Rm_0} = \frac{2700}{2360} = 1{,}14$;

$R_{m_1} = \frac{F_{r_1}}{1102} = \frac{960 \cdot 2784 + 82 \cdot 3240 + 60 \cdot 1800}{1102} =$

$= \frac{2650 \cdot 10^3 + 270 \cdot 10^3 + 108 \cdot 10^3}{1102} = \frac{3028000}{1102} = 2700$;

$R_{m_2} = \frac{F_{r_0}}{930} = \frac{800 \cdot 2400 + 20 \cdot 3000 + 60 \cdot 1800}{930} = 2360$ lei;

$i_{N_1} = \frac{N_{11}}{N_{1_0}} = \frac{1102}{930} = 1{,}19$; $i_p = 1{,}5 > i_{F_r} = 1{,}36 > i_{N_1} = 1{,}19$;

$i_{F_r} = \frac{F_{r_1}}{F_{r_0}} = \frac{3028000}{2220000} = 1{,}36$; $i_{pm} = 1{,}25 > i_{rm} = 1{,}14$.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 73

Se prevede organizarea și normarea muncii la nivelul unor sisteme de producție cu structură continuă (centrală electrică) de diferite puteri.

$$P_1 = 50 \text{ MW}; \quad P_2 = 300 \text{ MW}; \quad P_3 = 1000 \text{ MW}.$$

Centralele pot fi alimentate cu trei tipuri de combustibil care au următcarele date:

$$k_{11} = 0{,}85; \quad k_{12} = 0{,}95; \quad k_{13} = 1{,}1.$$

Normarea muncii în cadrul atelierelor de reparații a antrenat o cheltuială anuală de 6300 lei și a generat o economie totală în anul aplicării $E_n = 9650$ lei.

Se cere:

1. Scrierea modelelor matematice pentru determinarea indicelui de personal la nivelul celor trei tipuri de centrale.
2. Stabilirea numărului specific de personal pe MWi în condițiile studiului și determinarea coeficienților de normare progresivă.
3. Determinarea coeficientului de eficiență economică și a termenului de recuperare pentru situația normării muncii în cadrul atelierelor de reparație a centralelor considerate.

Rezolvare

1. $i_{pr_1} = \frac{N_i}{P_i}; \quad N_i = 50k\sqrt{P_i};$

$$i_{pr_1} = \frac{50k\sqrt{P_i}}{P_i} = \frac{50k}{\sqrt{P_i}};$$

$$i_{pr_2} = \frac{k_n \cdot k}{\sqrt{P_i}}; \quad i_{pr_3} = \frac{50k_{nt} \cdot k}{\sqrt{P_i}}.$$

2. $i_p^{(1)} = \frac{50k_{1t}}{\sqrt{P_1}} \quad i_{p_1}^{(1)} = \frac{50 \times 0{,}85}{\sqrt{50}} = 6 \text{ om/MWi};$

$$i_{p_2}^{(1)} = \sqrt{50} \times 0{,}95 = 6{,}7 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_3}^{(1)} = \sqrt{50} \times 1{,}1 = 7{,}8 \text{ om/MWi};$$

$$i_p^{(2)} = \frac{50k_{1t}}{\sqrt{P_2}} \quad i_{p_1}^{(2)} = \frac{50 \times 0{,}85}{\sqrt{300}} = 2{,}88 \times 0{,}85 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_2}^{(2)} = 2{,}88 \times 0{,}95 = 2{,}73 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_3}^{(2)} = 2{,}88 \times 1{,}1 = 3{,}16;$$

Scanned with OKEN Scanner

$$i_p^{(3)} = \frac{50k_{1i}}{\sqrt{P_3}} \qquad i_{p_1}^{(3)} = \frac{50 \times 0{,}85}{\sqrt{1000}} = 0{,}136 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_2}^{(3)} = \frac{50 \times 0{,}95}{\sqrt{10}} = 0{,}15 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_3}^{(3)} = \frac{5 \times 1{,}1}{\sqrt{10}} = 0{,}72 \text{ om/MWi}.$$

Normarea muncii permite modificarea relației de calcul a personalului specific din centrale astfel:

a) $i_{pr_1} = \frac{50k}{\sqrt{P_i}}$; b) $i_{pr_2} = \frac{k_n \cdot k}{\sqrt{P_i}}$;

în care:

k_n = coeficient de normare progresivă.

Coeficientul de normare progresivă se determină ținînd cont de curbele prezentate în figurile (48, *a*, *b*, *c*) și are următoarele valori:

$k_n = 50$ pentru $P_i < 100$ MW;

$k_n = (20 \div 25)$ pentru $P_i > 100$ MW;

$k_n = (15 \div 25)$ pentru centrale automatizate.

În noile condiții indicele specific de personal are următoarele valori:

$i_{p_{1-3}} = (1{,}22 \div 1{,}52)$ om/MWi la $P_i = 300$ MW;

$i_{p_{1-3}} = (0{,}044 \div 0{,}24)$ om/MWi la $P_i = 1000$ MW.

3. Eficiența economică a normării se apreciază pe baza a trei indicatori și anume: coeficientul de eficiență, termenul de recuperare și efectul net (E_n) obținut în urma normării muncii.

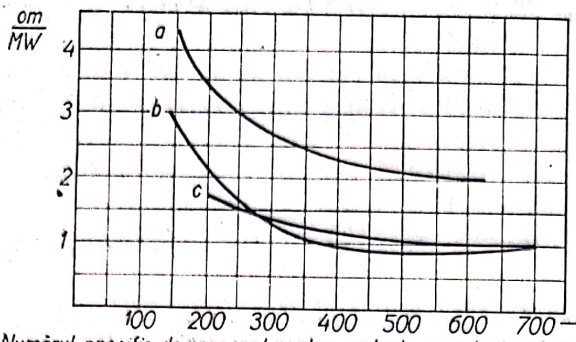
$$p_n = \frac{E_r}{Z_n} = \frac{9650}{6300} = 1{,}57 \text{ (lei venit/leu cheltuit)};$$

$$t_r = \frac{Z_n}{E_r} = \frac{6300}{9650} = \frac{1}{1{,}57} = 0{,}64 \text{ ani};$$

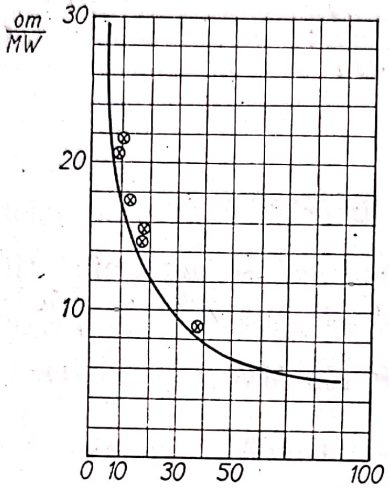
$$E_n = E_r - Z_n = (9650 - 6300) = 3350 \text{ lei}.$$

Din cele prezentate rezultă că normarea personalului este eficientă atît la nivelul activităților de bază pentru care s-a determinat indicele de personal cît și la nivelul activităților de reparații pentru care s-au calculat indicatorii p_n, t_r și E_n.

Scanned with OKEN Scanner

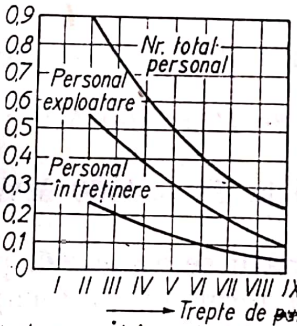


a_1 Numărul specific de personal pentru centrale cu puteri instalate peste 100 MW a-calculat cu formula(a);b-existent în centralele în funcțiune sau în curs de mutare; c-calculat cu formula (b);



Curba teoretică pentru a=0,95
Centrale existente pe cărbune

b_1 Numărul specific de personal pentru centrale cu puteri instalate sub 100 MW



c_1 Numărul specific de personal în centralele din S.U.A. I.0-19MW; II.20-39MW; III.40-59MW(1940); IV.60-74MW; V.75-99MW; VI.100-149MW; VII.150-299MW; VIII.300-499MW; IX.500 și peste.

Fig. 48 a, b, c

Problema 74

O centrală termoelectrică este echipată cu 4 × 25 MW.

Parametri aburului 100 ata; 510°C. Centrala folosește gaz metan cu $P_{c_i} = 8050$ kcal/N.m³. Consumul de căldură la sarcină economică $q_{e_c} = 2390$ kcal/kWh.

Se mai cunosc următoarele elemente:

— $p_{c_g} = 0{,}218$ lei/N.m³ — prețul gazului metan;
— $k_0 = 0{,}85$ pentru C.T.E. pe gaze;
— $r_{med} = 20\,000$ lei/an retribuția medie anuală a unui lucrător din C.T.E.;

Scanned with OKEN Scanner

— $p_{aux} = 2{,}3 \cdot 10^{-3}$ lei/kWh — cheltuielile specifice pentru materiale auxiliare;
— $e_{st} = 6{,}6\% E_p$ — consumul energie electrică pentru servicii interne;
— $p_{r+1} = 15{,}7$ lei/kW; $p_g = 11{,}4$ lei/kW — cheltuielile specifice pentru reparații (p_r) respectiv pentru cheltuieli generale (p_g);
— $\eta_T = 0{,}99$ — randamentul transformatoarelor;
— $i_{sp} = 4300$ lei/kW = investiția specifică;
— cotele de amortizare $\begin{cases} C_{am}^{\text{constantă}} = 0{,}040\ [\text{an}^{-1}]. \\ C_{am}^{\text{variabilă}} = 0{,}041 + 2{,}7\, t_{ui} \cdot 10^{-6} [\text{ani}^{-1}]. \end{cases}$
— $t_{ui_1} = 4500$ h/an; $t_{ui_2} = 6500$ h/an.

Să se determine:

1. Valoarea cheltuielilor anuale din C.T.E. atît pentru cota de amortizare constantă cît și pentru cota variabilă.
2. Energia produsă și livrată de centrală.
3. Costul specific al energiei livrate pentru C_{am} = constantă și C_{am} = = variabilă și să se traseze grafic variația acestuia în funcție de numărul orelor de utilizare anuală a puterii instalate în centrală.

Rezolvare

1. $C_T = C_c + C_{aux} + C_p + C_{i+r} + C_g + C_a$;

$$C_c = \frac{E_b \cdot q \cdot p_{cg}}{P_{ci}} = \frac{\delta \cdot P_i \cdot t_{ef} \cdot q \cdot p_{cg}}{P_{ci}} \begin{cases} C_{c1} = \dfrac{1{,}05 \cdot 10^5 \cdot 4500 \cdot 2390 \cdot 0{,}218}{8050} = 32{,}6 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \\ C_{c2} = \dfrac{1{,}03 \cdot 10^5 \cdot 6500 \cdot 2390 \cdot 0{,}218}{1050} = 45 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \end{cases}$$

$$C_{aux} = E \cdot p_{aux} = P_i \cdot t_{ef} \cdot p_{aux} \begin{cases} C_{aux} = 10^5 \cdot 4500 \cdot 2{,}3 \cdot 10^{-3} = 1{,}033 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \\ C_{aux2} = 10^5 \cdot 6500 \cdot 2{,}3 \cdot 10^{-3} = 1{,}495 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \end{cases}$$

$$C_p = N_p \cdot r_m = 50 \cdot k \cdot \sqrt{P} \cdot r_m = 50 \cdot 0{,}85 \sqrt{100} \cdot 20000 = 425 \cdot 12.000 = 81 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_{i+r} = p_{r+i} \cdot P_i = 15{,}7 \cdot 10^5 = 1{,}57 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_g = p_g \cdot P_i = 11{,}7 \cdot 10^5 = 1{,}17 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_a = C_{am} I = C_{am} \cdot P_i \cdot i_{sp} \begin{cases} 0{,}04 \cdot 10^5 \cdot 4300 = 20{,}76 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \\ (0{,}041 + 2{,}7 T_i \cdot 10^{-6}) \cdot 10^5 \cdot 4300 \begin{cases} 22{,}76 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \\ 31{,}36 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \end{cases} \end{cases}$$

$$C_a^v \begin{cases} 0{,}041 + 2{,}7 \cdot 4500 \cdot 10^{-6} = 0{,}053\ [\text{an}^{-1}]; \\ 0{,}041 + 2{,}7 \cdot 6500 \cdot 10^{-6} = 0{,}0581\ [\text{an}^{-1}]. \end{cases}$$

1.1. Cota de amortizare constantă:

$$C_i^{4500} = 36{,}553 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_i^{6500} = 43{,}215 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Scanned with OKEN Scanner

1.2. Cota de amortizare variabilă:

$C_t^{4500} = 36{,}500 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_t^{6500} = 47{,}595 \cdot 10^6$ lei/an.

2. $E_t = E_p \cdot (1 - e_i) \cdot \eta_T = 10^5 \cdot t_{ef} \cdot (1 - 0{,}066) \cdot 0{,}99$;

$E_{t_1} = 10^5 \cdot 4500 \cdot 0{,}934 \cdot 0{,}99 = 413 \cdot 10^6$ kWh/an;

$E_{t_2} = 10^5 \cdot 6500 \cdot 0{,}934 \cdot 0{,}99 = 601 \cdot 10^6$ kWh/an;

$E_t^{4500} = 413 \cdot 10^6$ kWh/an $\quad E_t^{6500} = 601 \cdot 10^6$ kWh/an;

$E_p^{4500} = 450 \cdot 10^6$ kWh/an $\quad E_p^{6500} = 650 \cdot 10^6$ kWh/an.

3. $p_c = \frac{C_t}{E_t} = \frac{C_f + C_v}{E_p(1 - \varepsilon_t)\eta_T}$.

3.1. Cota de amortizare constantă:

$p_c^{4500} = \frac{36{,}553 \cdot 10^6}{413 \cdot 10^6} = 0{,}0885$ lei/kWh;

$p_c^{6500} = \frac{43{,}315 \cdot 10^6}{601 \cdot 10^6} = 0{,}072$ lei/kWh.

3.2. Cota de amortizare variabilă:

$p_c^{4500} = \frac{36{,}500 \cdot 10^6}{413 \cdot 10^6} = 0{,}0880$ lei/kWh;

$p_c^{6500} = \frac{47{,}595 \cdot 10^6}{601 \cdot 10^6} = 0{,}0806$ lei/kWh.

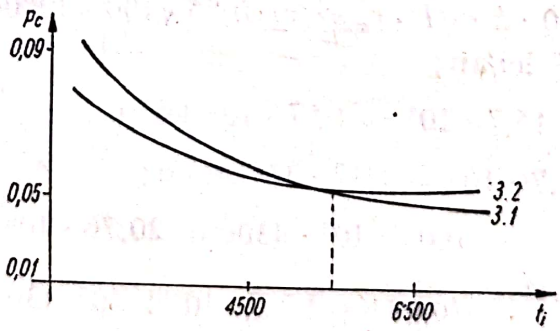


Fig. 49

În sistemele energetice puternice se folosește frecvent cheltuielile de amortizare calculate pe baza cotei de amortizare variabile.

În ipoteza 3.2 costul specific al energiei la un număr de ore de funcționare a instalațiilor mai mare de 5500 este mai scăzut decît în cazul aplicării ipotezei 3.1 (fig. 49).

Scanned with OKEN Scanner

Problema 75

Într-o C.E.T. cu turbine cu condensație și priză s-a produs într-un an o cantitate de energie electrică $E = 500 \cdot 10^3$ MWh și o cantitate de căldură $Q = 10^6$ Gcal.

Randamentul anual mediu al cazanelor de abur a fost $\eta = 0{,}92$.

Centrala a consumat $0{,}28 \cdot 10^6$ t.c.c. care revine la 430 lei/t.c.c.

Structura cheltuielilor de producție arată astfel:

— Cheltuieli cu combustibilul 75%;
— Amortizări 15%;
— Restul cheltuielilor 10%.

Valorile investițiilor se dau astfel:

$$I_i^e = 27 \cdot 10^6 \text{ lei}; \qquad I_i^t = 34 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

Să se determine prin aplicarea metodei fizice costurile specifice de producere ale energiei electrice (lei/kWh) și al căldurii (lei/Gcal).

Rezolvare

$$p_c^e = \frac{Z^e}{E_e} = \frac{K^e C_t}{E_e} + p_n \frac{I_i^e}{E_e};$$

$$p_c^t = \frac{t}{Q_t} = \frac{K^t C_t}{Q_t} + p_n \frac{I_i^t}{Q_e};$$

$$I_i^e = 27 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$I_i^t = 34 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$p_n = 0{,}08 \text{ an}^{-1};$$

$$C_t = B_{total} \cdot p_{cost}^{combustibil} + C_{diverse}; \qquad C_{div} = 0{,}02\, I_t;$$

$$B_{total} = B^e + B^t = E_e \cdot q_{ce} + Q_t \cdot q_{ct};$$

$$B^t = \frac{Q_t}{\eta} = \frac{10^6}{0{,}92} = 1{,}087 \cdot 10^6 \text{ Gcal} = \frac{1{,}087 \cdot 10^6}{7} = 155600 \text{ t.c.c};$$

$$B^e = 280.000 - 155.600 = 124.400 \text{ t.c.c};$$

$$K^t = \frac{155.600}{280.000} = \frac{B^t}{B_{total}} = 0{,}555;$$

$$K^e = \frac{B^e}{B_{total}} = 1 - 0{,}555 = 0{,}445;$$

$$C_B = 28 \cdot 10^4 \times 430 = 112 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$C_t = \frac{C_B}{0{,}75} = \frac{112 \cdot 10^6}{0{,}75} = 149{,}4 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$C^e = 0{,}445 \times 149{,}4 \cdot 10^6 = 66{,}4 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$C^t = 0{,}555 \times 14{,}94 \cdot 10^6 = 83 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$p^e = \frac{69{,}8 \cdot 10^6}{0{,}5 \cdot 10^6} = 139{,}6 \text{ lei/MWh};$$

$$p^t = \frac{86{,}4 \times 10^6}{10^6} = 86{,}4 \text{ lei/Gcal}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Problema 76

Pentru a putea stabili limitele economice de înlocuire a două feluri de energii, electrică și lemn se presupun cunoscute următoarele:

Gcal = 1170 kWh;
p_E = (0,3÷0,5) lei/kWh pentru utilizări casnice;
η_{t_2} = 0,6 = randamentul transformărilor la nivelul energiei electrice;
p_{c_2} = 400 lei/t de lemn;
p_c^e = 2400 Gcal/kg puterea calorică a lemnului luată în discuție;
η_{t_1} = 0,1 randamentul transformărilor la nivelul energiei termice a lemnului supus arderii.

Pentru simplificarea calculelor se va considera că produsul dintre cota de amortizare și investiția specifică este același în ambele soluții, iar cheltuielile de întreținere sînt egale.

Să se determine:

1. Relațiile de calcul care permit stabilirea limitei economice de înlocuire a unei forme de energie cu alta.
2. Limita economică de înlocuire a lemnului prin energia electrică în domeniul utilizărilor casnice.
3. Reprezentarea grafică și interpretarea rezultatelor.

Rezolvare

$$p_c = \frac{C_t}{E_c}; \qquad C_t = C_e + C_a + C_i,$$

în care:

C_e — cheltuielile pentru energia consumată $= \frac{E_{br} \cdot p_{cb}}{\eta_t}$
C_a — cheltuielile pentru amortizare $= CI = C \cdot i_{sp} \cdot P$
C_i — cheltuielile pentru întreținere $= b \cdot E_{cb}$
C — cota de amortizare iar b = cota de întreținere
p_{cb} — costul energiei brute

$$p_c = \frac{\frac{E_{bc} \cdot p_{cb}}{\eta_t} + b \cdot i + b \cdot E_{cb}}{E_{cb}} = \frac{E_{cb}(p_{cb} + b \cdot \eta_t) + b \cdot i_{sp} \cdot \eta_t \cdot P}{E_{cb} \cdot \eta_t}$$

$$p_c = \frac{p_{cb} + \eta b}{n_t} + \frac{b \cdot i_{sp} \cdot \eta_t P}{\eta_t \cdot E_{cb}}; \quad t_f = \frac{E_{cb}}{P}$$

$$p_c = \frac{p_{cb}}{\eta_t} + b + \frac{c \cdot i_{sp}}{t_f}$$

Se vor nota cu (1) indicii mărimilor aferente energiei termice și prin (2) cei aferenți energiei electrice.

2. Condiția de înlocuire a energiei termice cu cea electrică constă în:

$$p_{c_2} < p_{c_1} \quad \begin{array}{l} \text{a) } t_{f_1} = t_{f_2} = t_f; \\ \text{b) } t_{f_1} \neq t_{f_2}; \end{array}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$b_2 + \frac{p_{cb2}}{\eta_{t2}} + \frac{C_2 \cdot i_{sp2}}{t_f} < b_1 + \frac{p_{cb1}}{\eta_{t_1}} + \frac{C_1 \cdot i_{sp1}}{t_f};$$

$$p_{cb_2} < \left[b_1 + \frac{p_{cb1}}{\eta_{t_1}} + \frac{1}{t_f}\,(b_1 i_{sp_1} - b_2 i_{sp_2}) - b_2\right]\eta_{t_2}.$$

Se presupune $Cn_1\ i_{sp_1} = C_2 i_{sp_2}$; $b_1 = b_2$ atunci rezultă:

$$p_{cb_2} < p_{cb_1}\frac{\eta_{t_2}}{\eta_{t_1}}; \quad p_{cb_2} < 6p_{cb_1}[\text{lei/Gcal}].$$

Făcînd înlocuirile [ținînd seama de transformarea (Gcal) în kWh] rezultă:

$$p_{cb_2} < \frac{6}{1170}p_{cb_1};$$

$$p_{cb_1} = 0{,}4 \text{ lei/kg} = \frac{0{,}4 \cdot 10^6}{2400} = 167 \text{ lei/Gcal};$$

$$p_{cb_2} < \frac{6}{1170} \cdot 167 = 0{,}835 \text{ lei/kWh}.$$

Tariful energiei este (0,3÷0,5) lei/kWh.

Înlocuirea energiei termice a lemnului cu energia electrică este rentabilă dacă $p_{cb_2} < 0{,}835$ lei/kWh.

Dacă $C_1 > C_2 \quad b_1 > b_2$ atunci $p_{c\ \text{real}} < p_{cb_2}$.

$i_{sp_1} < i_{sp_2} \quad t_{f_1} < t_{f_2}$

3. Reprezentarea grafică (fig. 50, *a*, *b*) și interpretarea rezultatelor.

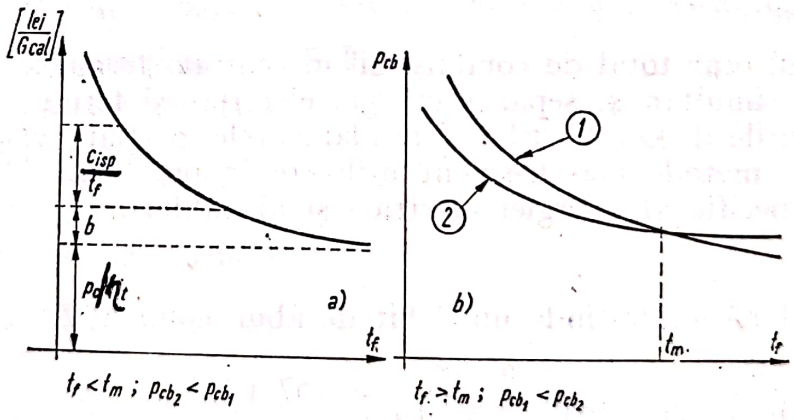


Fig. 50, *a*, *b*

Pentru a rezulta un cost specific de producție scăzut se impune:

— Un cost scăzut pentru energia brută;
— Randamentele de transformare să fie cît mai ridicate;
— Investiția specifică mică și cota de amortizare redusă;
— Durata mare de utilizare a puterii maxime;
— Cheltuieli de întreținere și deservire mici.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 77

Se consideră o C.T.E. echipată cu un grup de contrapresiune.

Schema termică de principiu se dă în figura 51 pentru producerea combinată de căldură și energie electrică (fig. 51, *a*) pentru producerea energiei termice (fig. 51, *b*).

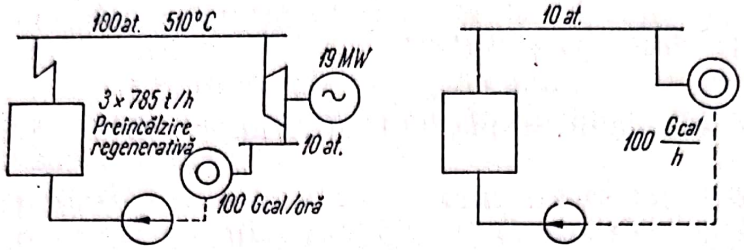


Fig. 51, *a*, *b*

Debitul termic nominal la consumator $q_p^n = 100$ Gcal/h la $p = 10$ at cu o durată de utilizare $h_t = 6000$ h/an.

Se presupune, pentru simplificare, $q^{cn} = 0$. Cazanul 3 din schemă este de rezervă.

Puterea electrică nominală $P_{CET} = P_p^n = 19$ MW. Se consideră $h_e = h_t$; $\eta_t = 0{,}8$ randamentul intern al turbinei. Condensatul se întoarce de la consumator în proporție de 80% la temperatura $t = 80°C$. Entalpiile determinate ($i_2 = 700$, $i_1 = 80$). Randamentele au valorile: $\eta_m = 0{,}9$; $\eta_g = 0{,}965$; $\eta_{tr} = 0{,}97$; $\eta_c = 0{,}825$.

$q_{CET} = 3300$ kcal/kWh. Randamentul producerii separate a energiei termice $\eta_t = \eta_c \cdot \eta_{tr} = 0{,}825 \cdot 0{,}97 = 0{,}8$.

Prețul combustibilului este de 430 lei/t.c.c.

Să se determine:

1. Consumul orar total de combustibil în centrala termoelectrică cînd se produce simultan și separat energie electrică și termică.
2. Consumurile de combustibil și randamentele parțiale η_{CET}^e; η_{CET}^t prin cele șase metode mai frecvent utilizate în practică.
3. Costul specific al energiei electrice și al căldurii.

Rezolvare

1. Prin turbină se destinde un debit de abur nominal D_t^n cu:

$$D_t^n = \frac{q_p^n}{(i_2 - 0{,}8 i_1) \cdot 10^3} = \frac{100 \cdot 10^6}{(700 - 0{,}8 \times 80)} = 157 \text{ t/h.}$$

Consumul orar de combustibil pentru producerea energiei electrice:

$$B_{CET(h)}^e = \frac{P_p^n \cdot 860 \cdot 10^{-6}}{\eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_c} = \frac{19 \cdot 10^3 \cdot 860 \cdot 10^{-6}}{0{,}9 \cdot 0{,}965 \cdot 0{,}825 \cdot 0{,}97} = 21{,}6 \text{ Gcal/h.}$$

Consumul orar de combustibil nominal pentru producerea energiei termice livrate:

$$B_{CT(h)}^t = \frac{q_p^n}{\eta_c \eta_{tr}} = \frac{100}{0{,}825 \cdot 0{,}97} = 125 \text{ Gcal/h.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Consumul orar total de căldură:

$$B_{CET(h)} = B^e_{CET(h)} + B^t_{CET(h)} = 21,6 + 125 = 146,6 \text{ Gcal/h.}$$

În cazul producerii separate a energiei electrice și a căldurii consumurile de combustibil se determină cu relații de forma:

— Pentru producerea energiei electrice în C.T.E.:

$$B_{CTE(h)} = P \cdot q = 19 \cdot 10^3 \cdot 3300 \cdot 10^{-6} = 62,7 \text{ Gcal/h.}$$

— Pentru producerea căldurii:

$$B_{CT(h)} = \frac{100}{0,8} = 125 \text{ Gcal/h}$$

— Consumul total de căldură:

$$B_h = B_{CTE(h)} + B_{CT(h)} = 62,7 + 125 = 187,7 \text{ Gcal/h.}$$

Economia obținută la fiecare oră de funcționare:

$$\Delta B_h = B_h - B_{CET(h)} = 187,7 - 146,6 = 41,4 \text{ Gcal/h;}$$

$$\Delta B\% = \frac{\Delta B_h}{B_h} \cdot 100 = \frac{41,1}{187,7} \cdot 100 = 21,85\%.$$

2. Repartizarea consumului de combustibil.

— Metoda ieftinirii căldurii;

— Producerea energiei electrice necesită următorul consum:

$$B^e_{CET(h)} = P^n_p B^{cd}_{CET} = 19 \cdot 10^3 \cdot 3300 \cdot 10^{-6} = 62,7 \text{ Gcal/h.}$$

— Producerea energiei termice necesită consum:

$$B^t_{CET(h)} = B_{CET(h)} - B^e_{CET(h)} = 146,6 - 62,7 = 83,9 \text{ Gcal/h.}$$

Randamentele parțiale în C.E.T.

— Pentru energia electrică:

$$\eta^e_{CET} = \frac{19 \cdot 10^3 \cdot 860}{62,7 \cdot 10^6} = 0,261.$$

— Pentru energia termică:

$$\eta^t_{CET} = \frac{100 \cdot 10^6}{83,9 \cdot 10^6} = 1,18.$$

Metoda nu reflectă realitatea fizică a procesului de producție a celor două feluri de energii dînd randamente η^t_{CET} mai mari ca unitatea.

Metoda ieftinirii energiei electrice.

— Producerea energiei electrice necesită următorul consum:

$$B^e_{CET(h)} = P^n_p \frac{860}{\eta_m \cdot \eta_g} = 19 \cdot 10^3 \frac{860}{0,98 \cdot 0,965} = 17,3 \text{ Gcal/h.}$$

— Producerea energiei termice necesită următorul consum:

$$B^t_{CET(h)} = B_{CET(h)} - B^e_{CET(h)} = 146,7 - 17,3 = 129,3 \text{ Gcal/h.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Randamentele parțiale pentru producerea energiei electrice și termice:

$$\eta^e_{CET} = \frac{19 \cdot 10^3 \cdot 860}{17{,}3 \cdot 10^6} = 0{,}945;$$

$$\eta^t_{CET} = \frac{100 \cdot 10^6}{129{,}3 \cdot 10^6} = 0{,}774.$$

Metoda fizică.

— Pentru producerea energiei electrice consumul de combustibil și randamentul se calculează astfel:

$$B^e_{CET,h)} = \frac{860 \cdot P^n_p}{\eta_c \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \cdot \eta_g} = \frac{860 \cdot 19 \cdot 10^3}{0{,}825 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}965} = 21{,}6 \text{ Gcal/h}$$

$$\eta^e_{CET} = \frac{19 \cdot 10^3 \cdot 860}{21{,}6 \cdot 10^6} = 0{,}756.$$

— Pentru producerea energiei termice consumul de combustibil și randamentul:

$$B^t_{CET} = \frac{q^n_p}{\eta_c \cdot \eta_{tr}} = B_{CET(h)} - B^e_{CET(h)} = 146{,}6 - 21{,}6 = \frac{100}{0{,}825 \cdot 0{,}97} = 125 \text{ Gcal/h}.$$

$$\eta^t_{CET} = \frac{100 \cdot 10^6}{125 \cdot 10^6} = 0{,}8.$$

Metoda echivalenței de producție.

— Pentru producerea energiei electrice B^e_{CET} și η^e_{CET} au forma:

$$B^e_{CET(h)} = B_{CET(h)} = \frac{860 P^n_t}{860 P^n_p + q^n_p} = 146{,}6 \cdot \frac{860 \cdot 19 \cdot 10^3}{860 \cdot 19 \cdot 10^3 + 100 \cdot 10^6} = 20{,}6 \text{ Gcal/h};$$

$$\eta^e_{CET} = \frac{19 \cdot 10^3 \cdot 860}{20{,}5 \cdot 10^6} = 0{,}794.$$

— Pentru producerea energiei termice B^t_{CET} și η^t_{CET} au forma:

$$B^t_{CET(h)} = B_{CET(h)} \cdot \frac{q^n_p}{860 \cdot P^n_p + q^n_p} = 146{,}6 \cdot \frac{100 \cdot 10^6}{860 \cdot 19 \cdot 10^3 + 100 \cdot 10^6} = 126{,}1 \text{ Gcal/h};$$

$$\eta^t_{CET} = \frac{100 \cdot 10^6}{126{,}1 \cdot 10^6} = 0{,}794.$$

Randamentele pentru producerea energiilor electrice și termice sînt egale. Randamentul pentru producerea căldurii scade față de cel determinat după metoda fizică în schimb η^e_{CET} crește.

Metoda Sribner.

Consumurile de combustibil pentru producerea căldurii și a energiei electrice au valorile:

$$B^t_{CET(h)} = B_{CT(h)} - [(B_{CT(h)} + B_{CTE(h)}) - B_{CET(h)}] \frac{B_{CT(h)}}{B_{CT(h)} + B_{CTE(h)}} = B^t_{CET(h)} =$$

$$= 125 - [(125 + 62{,}7) - 146{,}6] \frac{125}{125 + 62{,}7} = 97{,}6 \text{ Gcal/h};$$

$$B^e = B_{CET(h)} - B^t_{CET} = 146{,}6 - 97{,}6 = 49 \text{ Gcal/h}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Randamentele parțiale η^e_{CET} și η^t_{CET}

$$\eta^e_{CET} = \frac{19 \cdot 10^3 \cdot 860}{49 \cdot 10^6} = 0{,}333;$$

$$\eta^t_{CET} = \frac{100 \cdot 10^6}{97{,}7 \cdot 10^6} = 1{,}024.$$

Și în această metodă, $\eta^t_{CET} > 1$ ceea ce nu reflectă realitatea producerii energiei termice.

Metoda nouă — mai obiectivă. Repartiția consumului orar de combustibil se face la fel ca la metoda fizică denumită și obiectivă.

Calculînd cheltuielile pentru combustibil și celelalte categorii de cheltuieli și cunoscînd numărul de ore de utilizare se obțin consumurile anuale de combustibil și respectiv cheltuielile anuale.

Determinarea costului căldurii și al energiei electrice se face folosind relațiile uzuale curente.

Folosind datele rezultate din calcul pentru fiecare metodă se obțin costurile din tabelul 101 cu ajutorul cărora se trasează caracteristica economică a centralei.

Tabelul 101

Nr. crt.	Metode de calcul	Costul căldurii		Costul energiei electrice	
		lei/Gcal	%	bani/kWh	%
1	Producerea separată	51,6	100	16,1	100
2	Metoda ieftinirii căldurii	35,4	67,6	15,2	94,3
3	Metoda ieftinirii energiei electrice	53,8	104	5,2	32,3
4	Metoda fizică	52,2	101,8	6,02	37,5
5	Metoda echivalenței de producție	52,7	102	5,9	36,7
6	Metoda Sribner	41,2	79,8	12,1	75,1
7	Metoda mai obiectivă	50,5	97,8	7,02	43,7

Costul energiei termice predate la consumator:

$$p_{t_c} = \frac{C^t}{Q_a} + \frac{C_{rt} + C_{at}}{Q_a} = p_t + p_{rt} + p_{at}.$$

p_t = Costul căldurii livrate din C.E.T. [lei/Gcal].

p_{rt} = Costul transportului unei Gcal prin rețeaua de termoficare în lei/Gcal.

p_{at} = Costul predării unei Gcal în instalația de consum termic în lei/Gcal.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 78

Se consideră o centrală electrică de termoficare simplificată cu un grup cu condensație și o priză reglabilă ca în schema (fig. 52).

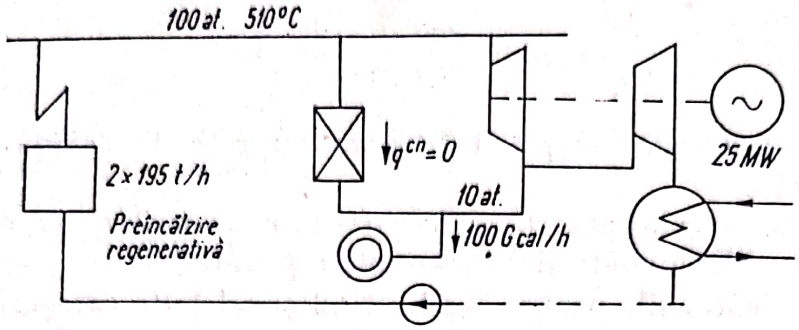


Fig. 52

Se mai cunosc elementele:

$q_p^n = 100$ Gcal/h la 10 at; $h_t = 6000$ h/an; $q^{cn} = 0$.

Puterile electrice $P_{CET}^n = P_p^n + P_{cd}^n = 20 + 5 = 25$ MW; $P_{ec} = 20$ MW.

Durata de utilizare a puterii instalate 7000 h/an.

$$a_1 = 1;\ k_x^n = 54 \text{ Gcal/h};\ k_0^n = 13{,}5 \text{ Gcal/h};\ q_e^n = 18{,}2 \text{ Gcal/h}$$

Consumul pentru serviciile interne GWh/an decontat cu 8,5 bani/kWh, pentru energia electrică.

Consumul pentru servicii interne 7 GWh/an este pentru producerea a 175 GWh/an energie electrică.

Prețul combustibilului 430 lei/t.c.c.

Cheltuielile anuale pentru producerea energiei electrice și termice au valoarea:

$$C^e = 13{,}96 \cdot 10^6 \text{ lei/an};\ C^t = 29{,}22 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Cota de amortizare 4% din investiții.

Investițiile totale sînt de $210 \cdot 10^6$ lei, iar cheltuielile totale sînt egale cu $43{,}18 \cdot 10^6$ lei. Grupul costă $22 \cdot 10^6$ lei, iar cele două cazane costă $90 \cdot 10^6$ lei.

Structura investițiilor și cheltuielilor anuale într-o C.E.T. cu condensație și priză reglabilă se poate urmări în tabelele 102 și 103.

Tabelul 102

Nr. crt.	Specificarea	Investiții
1	Organizarea șantierului	$12 \cdot 10^6$ lei
2	Clădiri, fundații	$30 \cdot 10^6$
3	Clădiri anexe, locuințe, canalizări, iluminat	$5 \cdot 10^6$
4	Două cazane de abur 100 at, 510°C; 195 t/h	$2 \cdot 45 \cdot 10^6$
5	Grup turbogenerator cu condensație și priză	$22 \cdot 10^6$
6	Conducte	$16 \cdot 10^6$
7	Boiler tratarea apei	$11 \cdot 10^6$
8	Gospodărirea combustibilului	$10 \cdot 10^6$
9	Instalația electrică	$14 \cdot 10^6$
	TOTAL	$210 \cdot 10^6$ lei

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 103

Nr. crt.	Denumirea cheltuielilor	Valoarea (lei)
0	1	2
1	Combustibil	$153 \cdot 10^3 \cdot 180 = 27{,}54 \cdot 10^6$
2	Personal	$2 \cdot 10^6$
3	Amortizări și reparații capitale	
	C^{ce}_A	$2{,}38 \cdot 10^6$
	C^{tl}_A	$0{,}16 \cdot 10^6$
	C^{ce}_{Ac}	$0{,}64 \cdot 10^6$ lei/an
	C^{tl}_{Ac}	$0{,}11 \cdot 10^6$
	C^{el}_{Ac}	$7{,}85 \cdot 10^6$
4	Întreținere și reparații curente	$1{,}1 \cdot 10^6$
5	Cheltuieli generale	$0{,}6 \cdot 10^6$
6	Cheltuieli speciale	$0{,}8 \cdot 10^6$
	Cheltuieli totale	$43{,}18 \cdot 10^6$ lei/an

Să se determine:

1. Consumurile anuale de combustibil și cheile de putere și energie.
2. Defalcarea investițiilor și a cheltuielilor anuale.
3. Costul energiei electrice și termice.

Rezolvare

1. Consumurile anuale de combustibil.

$$B^t_{CET} = \frac{q^n_p \cdot h_t \cdot 10^6}{\eta_c \cdot \eta_{tr} \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = \frac{100 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 10^6}{0{,}825 \cdot 0{,}97 \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = 107 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an}$$

$$B^e_{CET} = \frac{[q^n_e h_t + K^n_x h_x + K^n_0 (h_t + h_x)] \cdot 10^6}{\eta_c \cdot \eta_{tr} \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = \frac{[18{,}2 \cdot 6 \cdot 10^3 + 54 \cdot 10^3 + 13{,}5 \cdot 7 \cdot 10^3] \cdot 10^6}{0{,}825 \cdot 0{,}97 \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot 10^3} =$$

$$= 46 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an.}$$

$$h_x = \frac{P^n_{CET} h_e - P^n_p h_t - \alpha P^n_{ed} h_t}{P^n_x + P^n_{cd}} = \frac{25 \cdot 7 \cdot 10^3 - 20 \cdot 6 \cdot 10^3 - 1 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^3}{20 + 5} = 10^3 \text{ h/an,}$$

$$B^e_{CET} = 19{,}5 \cdot 10^3 + 9{,}68 \cdot 10^3 + 16{,}82 \cdot 10^3 = 46 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an.}$$

Debitele termice de calcul.

$$q_{e\,\text{calcul}} = K^n_0 + \frac{h_t}{h_t + h_x} q^n_e + \frac{h_x}{h_t + h_x} K^n_x = 13{,}5 + \frac{6000}{7000} \cdot 18{,}2 + \frac{1000}{7000} \cdot 54 =$$

$$= 36{,}8 \text{ Gcal/h;}$$

$$q_{t\,\text{calcul}} = q^n_v - \frac{h_x}{h_t + h_x} (K^n_x - q^n_e) = 100 - \frac{1000}{7000} (54 - 18{,}7) = 94{,}7 \text{ Gcal/h;}$$

$$q^n = q^n_v + K^n_0 + q^n_e = 100 + 13{,}5 + 18{,}2 = 131{,}7 \text{ Gcal/h;}$$

$$q_{e\,\text{calcul}} + q_{t\,\text{calcul}} = 36{,}8 + 94{,}8 = 131{,}7 \text{ Gcal/h.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Cheile de puteri și energie:

Putere

$$X_e = \frac{q_{e\ calcul}}{q^n} = \frac{36,8}{131,7} = 0,28;$$

$$X_t = \frac{q_{t\ calcul}}{q^n} = \frac{94,9}{131,7} = 0,72.$$

Energie

$$Y_e = \frac{B^e_{CET}}{B_{CET}} = \frac{46 \cdot 10^3}{153 \cdot 10^3} = 0,3;$$

$$Y_t = \frac{B^t_{CET}}{B_{CET}} = \frac{107 \cdot 10^3}{153 \cdot 10^3} = 0,7.$$

Defalcarea investițiilor și a cheltuielilor anuale se face cu ajutorul cheilor de putere și energie și este dată în tabelele (104 ÷ 105).

Costul specific de producere al energiei electrice și termice livrată de C.E.T.

$$p_e = \frac{C^e}{E^e} = \frac{13,96 \cdot 10^6}{175 - (7 + 10) \cdot 10^6} = 0,0885 \text{ lei/kWh};$$

$$p_t = \frac{C^t}{Q_a} = \frac{29,22 \cdot 10^6}{100 \cdot 6000} = 48,7 \text{ lei/Gcal}.$$

Defalcarea investițiilor se poate urmări în tabelul 104.

Tabelul 104

Nr. crt.	Specificare	Investiții		Defalcarea investițiilor				
		unitare	totale	I^{ee}	I^{tt}	I^{ee}_{Ac}	I^{et}_{Ac}	I^{tt}_{Ac}
1	Organizarea șantierului	—	$12 \cdot 10^6$	—	—	—	$12 \cdot 10^6$	—
2	Clădiri fundații	—	$30 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	—	—	$22 \cdot 10^6$	—
3	Clădiri anexe	—	$5 \cdot 10^6$	—	—	—	$5 \cdot 10^6$	—
4	Cazane 100 at, 510°C, 195 t/h	$2 \cdot 45 \cdot 10^6$	$90 \cdot 10^6$	—	—	$8 \cdot 10^6$	$82 \cdot 10^6$	—
5	Grup generator cu condensație și prize	$1 \cdot 22 \cdot 10^6$	$22 \cdot 10^6$	$22 \cdot 10^6$	—	—	—	—
6	Conducte	—	$16 \cdot 10^6$	10^6	—	$2 \cdot 10^6$	10^7	$2 \cdot 10^6$
7	Tratarea apei boilere	—	$11 \cdot 10^6$	—	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	—
8	Gospodărirea combustibilului	—	$10 \cdot 10^6$	—	—	—	10^7	—
9	Instalația electrică	—	$14 \cdot 10^6$	$14 \cdot 10^6$	—	—	—	—
10	TOTAL	—	$210 \cdot 10^6$	$45 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$12 \cdot 10^6$	$148 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
11	Amortizările 5,3% din Investiții.	—	$11,14 \cdot 10^6$	$2,38 \cdot 10^6$	$0,16 \cdot 10^6$	$0,64 \cdot 10^6$	$7,85 \cdot 10^6$	$0,11 \cdot 10^6$

Defalcarea cheltuielilor anuale se prezintă în tabelul 105.

Scanned with OKEN Scanner

Defalcarea cheltuielilor anuale

Tabelul 105

Nr. crt.	Denumirea cheltuielilor	Valoarea	Cheile de defalcare		Cheltuielile anuale pt. producerea	
			energie electrică	căldură	energiei electrice	căldurii
1	Combustibil	$27,54 \cdot 10^6$	0,3	0,7	$8,24 \cdot 10^6$	$19,3 \cdot 10^6$
2	Personal	$2 \cdot 10^6$	0,3	0,7	$0,6 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$
3	Amortizări și reparații capitale C^{ee}_A	$2,38 \cdot 10^6$	1	—	$2,38 \cdot 10^6$	—
	C^{tt}_A	$0,16 \cdot 10^6$	—	1	—	$0,16 \cdot 10^6$
	C^{ee}_A	$0,64 \cdot 10^6$	1	—	0,64	—
	C^{tt}_{Ac}	$0,11 \cdot 10^6$	—	1	—	$0,11 \cdot 10^6$
	C^{et}_{Ac}	$7,85 \cdot 10^6$	0,28	0,72	$2,2 \cdot 10^6$	$5,65 \cdot 10^6$
4	Întreținere și reparații	$1,1 \cdot 10^6$	0,3	0,7	$0,33 \cdot 10^6$	$0,77 \cdot 10^6$
5	Cheltuieli generale	$0,6 \cdot 10^6$	0,3	0,7	$0,18 \cdot 10^6$	$0,42 \cdot 10^6$
6	Cheltuieli speciale	$0,8 \cdot 10^6$	0,3	0,7	$0,24 \cdot 10^6$	$0,56 \cdot 10^6$
7	Total	$43,18 \cdot 10^6$	—	—	$14,81 \cdot 10^6$	$28,37 \cdot 10^6$
8	Cheltuieli pt. servicii interne				$- 0,85 \cdot 10^6$	$+ 0,85 \cdot 10^6$
9	TOTAL GENERAL	$43,18 \cdot 10^6$	—	—	$13,96 \cdot 10^6$	$29,22 \cdot 10^6$

Scanned with OKEN Scanner

Problema 79

Se consideră schema termică din figura (53, *a*) și diagrama de variație a debitelor din figura (53, *b*).

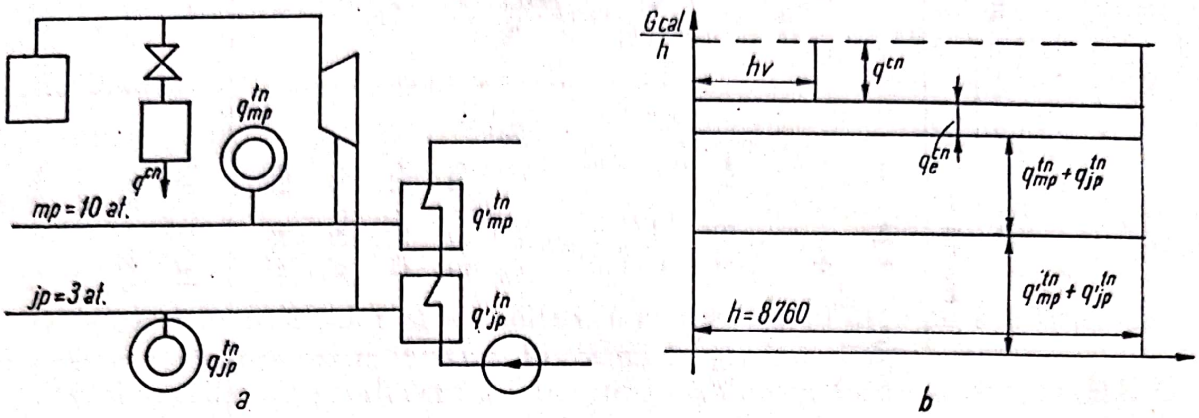


Fig. 53, *a*, *b*

Investițiile în centrală sînt defalcate astfel:

— Investiții pentru producerea energiei electrice;

$I^{ee} = 63{,}9 \cdot 10^6$ lei

— Investiții pentru producerea energiei termice:

$I^{tt} = 8{,}9712$ lei

— Investiții pentru producerea energiei electrice și termice:

$I^{et} = 91{,}8 \cdot 10^6$ lei

— Investiții totale:

$I_{CET} = 164{,}6712$ lei

Consumul anual de combustibil al C.E.T. este defalcat astfel:

— Pentru producerea energiei electrice:

$B^e = 154\,200$ Gcal/an

— Pentru livrarea energiei termice la medie presiune:

$B^t_{mp} = 173\,200$ Gcal/h

— Pentru livrarea energiei termice la joasă presiune:

$B^t_{jp} = 387\,400$ Gcal/h

Total $B^{CET}_{an} = B^e + B^t_{mp} + B^t_{jp} = 714\,800$ Gcal/h.

Duratele de utilizare

— La vîrf $h_v = 860$ h/an

— Durata utilizării puterii maxime $h_t = 5810$ h/an

Scanned with OKEN Scanner

Debitele de căldură.

— Nominal la vîrf $q^{cn} = 15{,}84$ Gcal/h;
— Pentru producerea energiei electrice $q_e^n = 22{,}85$ Gcal/h;
— Nominal pentru medie presiune $(q_{mp}^{tn} + q_{mp}^{tn}) = 19{,}68$ Gcal/h;
— Nominal pentru joasă presiune $(q_{jp}^{tn} + q_{jp}^{tn}) = 78{,}72$ Gcal/h.

Cheltuieli anuale.

— Combustibil $= 11{,}48 \cdot 10^6$ lei/an $C_{i+r} = 0{,}71 \cdot 10^6$ lei/an;
— C speciale $= 0{,}355 \cdot 10^6$ lei/an $C_g = 0{,}346 \cdot 10^6$ lei/an;
— C personal $= 1{,}39 \cdot 10^6$ lei/an $C_{amort} = 9{,}248$ lei/an.

Energia electrică debitată anual de centrală:

$$E_{d\,an}^{CET} = 131{,}3 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}$$

Energia termică livrată { la medie presiune $Q_{mp}^{an} = 156000$ Gcal/h; la joasă presiune $Q_{jp}^{an} = 348280$ Gcal/h.

Să se determine:

a) Cheile de energie și de putere și cheltuielile totale defalcate.
b) Costul specific al energiei electrice.
c) Costul specific al energiei termice livrate la medie și joasă presiune.

Rezolvare

Determinarea cheilor de energie și putere:

Calculul cheilor de energie

Cheia pentru energie electrică

$$Y^e = \frac{B^e}{B^e + B_{mp}^t + B_{jp}^t} = \frac{154.200}{714.800} = 0{,}216.$$

Cheia pentru energie termică

$$Y_{mp}^t = \frac{B_{mp}^t}{B^e + B_{mp}^t + B_{jp}^t} = \frac{173.200}{714.800} = 0{,}242;$$

$$Y_{jp}^t = \frac{B_{jp}^t}{B^e + B_{mp}^t + B_{jp}^t} = \frac{387.400}{714.800} = 0{,}542;$$

$$Y_T = Y^e + Y_{mp}^t + Y_{jp}^t = 0{,}216 + 0{,}242 + 0{,}542 = 1.$$

Calculul cheilor de putere

$$X^e = \frac{q_{\text{calcul}}\left(1 - \frac{h_v}{h_t} v\right)}{q_{e\,\text{calc}} + (q_{mp}^{tn} + q_{mp}^{\prime tn})_{\text{calc}} + (q_{jp}^{tn} + q_{jp}^{\prime tn})_{\text{calc}}}$$

$$X^e = \frac{25{,}3}{25{,}3 + 24{,}14 + 89{,}74}\left(1 - \frac{860}{5810} \cdot 0{,}1154\right) = 0{,}178;$$

Scanned with OKEN Scanner

$$X^t_{mp} = \frac{(q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})_{calc}}{q_{e\,calc} + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})_{calc} + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})_{calc}} +$$

$$+ \frac{h_v}{h_t} \cdot v \cdot \frac{q_{e\,calc}}{q_{e\,calc} + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})_{calc} + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})_{calc}} = 0{,}176;$$

$$X^t_{mp} = \frac{24{,}18}{25{,}3 + 24{,}14 + 89{,}74} + \frac{860}{5810} \cdot 0{,}1154 \cdot \frac{25{,}3}{25{,}3 + 24{,}14 + 89{,}74} = 0{,}176;$$

$$X^t_{jp} = \frac{(q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})_{calc}}{q_{e\,calc} + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})_{calc} + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})} + \frac{h_v}{h_t} \cdot v \cdot A = 0{,}646;$$

$$A = \frac{q_{e\,calc}}{q_{e\,calc} + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})_{calc} + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})_{calc}};$$

$$X'_{jp} = \frac{89{,}74}{25{,}3 + 24{,}14 + 87{,}74} + \frac{860}{5860} \cdot 0{,}1154 \cdot \frac{25{,}3}{25{,}3 + 24{,}14 + 89{,}74} = 646;$$

$$X_T = X^e + X^t_{mp} + X^t_{jp} = 0{,}178 + 0{,}176 + 0{,}646 = 1.$$

Debitele de calcul se determină astfel:

$$q_{c\,calc} = q^n_e \left[1 + \left(1 - \frac{h_v}{h_t}\right) \frac{q^{cn}}{q^n_e + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp}) + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})}\right] [\text{Gcal/h}];$$

$$q_{e\,calc} = 22{,}85\left[1 + \left(1 - \frac{860}{5810}\right) \frac{15{,}84}{22{,}85 + 19{,}68 + 78{,}92}\right] = 25{,}3\ [\text{Gcal/h}];$$

$$(q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})_{calcul} = (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp})\left[1 + \frac{h_v}{h_t} \cdot \frac{q^{cn}}{q^n_c + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp}) + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})}\right] +$$

$$+ \frac{h_v}{h_t} \cdot q^{cn} = 19{,}681 + \left[\left(1 - \frac{860}{5810}\right) \cdot \frac{15{,}84}{22{,}85 + 19{,}68 + 78{,}92}\right] + \frac{860}{5810} \cdot 15{,}84 = 24{,}14;$$

$$(q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})_{calcul} = (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})\left[1 + \left(1 - \frac{h_v}{h_t}\right) \cdot \frac{q^{cn}}{q^n_e + (q^{tn}_{mp} + q'^{tn}_{mp}) + (q^{tn}_{jp} + q'^{tn}_{jp})}\right] +$$

$$+ \frac{h_v}{h_t} \cdot q^{cn} = 78{,}92\left[1 + \left(1 - \frac{860}{5810}\right) \cdot \frac{15{,}84}{22{,}85 + 19{,}68 + 78{,}92}\right] +$$

$$+ \frac{860}{5810} \cdot 15{,}84 = 89{,}72\ [\text{Gcal/h}].$$

Cheile de repartiție a cheltuielilor totale anuale:

$$\frac{X'^t_{mp}}{0{,}176} = \frac{X'^t_{jp}}{0{,}646} = \frac{X'^t_{mp} + X'^t_{jp}}{0{,}176 + 0{,}646} = \frac{1}{0{,}822};$$

$$X'^t_{mp} = \frac{0{,}176}{0{,}822} = 0{,}214; \quad X'^t_{jp} = \frac{0{,}646}{0{,}822} = 0{,}786.$$

Pentru calcularea costului specific al energiei electrice și al căldurii se defalcă cheltuielile așa cum se arată în tabelul 106.

$$p^e_c = \frac{C_e}{E^{CET}_{d\,anual}} = \frac{7{,}574 \cdot 10^6}{131{,}3 \cdot 10^6} = 0{,}0577\ [\text{lei/kWh}];$$

$$p^t_{cmp} = \frac{C^{an}_{mp}}{Q^{an}_{mp}} = \frac{4{,}476 \cdot 10^6}{156000} = 28{,}7\ [\text{lei/Gcal}];$$

$$p^t_{c\,jp} = \frac{C^{an}_{jp}}{Q^{an}_{jp}} = \frac{11{,}475 \cdot 10^6}{348280} = 33\ [\text{lei/Gcal}].$$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 106

Nr. crt.	Denumirea cheltuielilor	Valoarea 10^6 lei/an	Cheile de putere			Cheile de energie			Cheltuielile anuale		
			X^e	X^t_{mp}	X^t_{jp}	Y^e	Y^t_{mp}	Y^t_{jp}	energie electrică	abur	
										mp	*jp*
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cheltuieli combustibil	11,48	—	—	—	0,216	0,242	0,542	2,48	2,78	6,22
2	Cheltuieli speciale	0,355	—	—	—	0,216	0,242	0,542	0,077	0,086	0,892
3	Cheltuieli personal	1,39	—	—	—	0,216	0,242	0,542	0,3	0,336	0,754
4	Cheltuieli întreținere + reparații	0,71	—	—	—	0,216	0,242	0,542	0,153	0,172	0,385
5	Cheltuieli generale	0,346	—	—	—	0,216	0,242	0,542	0,076	0,084	0,187
	Cheltuieli amortizate										
	C electrice C^{ee}_A	2,66	1	—	—	—	—	—	2,66	—	—
6	C^{tt}_A tot termice	0,53	—	0,214	0,786	—	—	—	—	0,113	0,417
	Cheltuieli cu prod. energiei electrice la parametri înalți C^{ee}_{Ac}	0,918	—	—	—	—	—	—	0,918	—	—
	Cheltuieli comune	5,14	0,178	0,176	0,646	—	—	—	0,915	0,905	3,32
	Total cheltuieli anuale defalcate								7,578	4,476	11,475

Scanned with OKEN Scanner

Problema 80

O centrală hidroelectrică echipată cu patru grupuri electrogene de cîte 25 MW putere instalată fiecare, are un plan de producție de 150 GWh în care scop se prevăd următoarele puteri în funcțiune (fig. 54, *a*, *b*):

— $P = 100$ MW timp de 925 h;

— $P = 75$ MW timp de 625 h;

— $P = 50$ MW timp de 1250 h.

Fiind însă secetă, centrala a funcționat astfel:

— $P = 4 \times 25 = 100$ MW timp de 400 h;

— $P = 3 \times 25 = 75$ MW timp de 500 h;

— $P = 2 \times 25 = 50$ MW timp de 1000 h.

Producția de energie electrică realizată a fost de 100 GWh.
Se presupune că cheltuielile convențional variabile sînt zero.

Să se determine:

1. Indicii extensivi, intensivi și integrali planificați și realizați de folosirea capacității de producție.
2. Cu cît diferă productivitatea muncii realizată de cea planificată, știind că personalul planificat a fost realizat?
3. Cu cît a variat costul specific de producere a energiei produse din cauza nerealizării planului de producție?

Rezolvare

1. Indicii planificați se determină astfel:

$$K_{ext}^{v.r} = \frac{E_{max}}{E_{max\,max}} \cdot 100 = \frac{\sum\limits_j (P_t T_{ef\,j})}{\sum\limits_j (P_{t\,j} T_{cal\,j})} \cdot 100 = \frac{202}{876} \cdot 100 = 23\%;$$

$$K_{ints}^{v.r} = \frac{E_{ef}}{E_{max}} \cdot 100 = \frac{\sum\limits_j (P_{ef\,j} T_{et\,j})}{\sum\limits_j (P_{t\,j} T_{ef\,j})} \cdot 100 = \frac{150}{202} \cdot 100 = 74{,}2\%;$$

$$K_{intg}^{v.r} = \frac{E_{ef} \cdot 100}{E_{max\,max}} = \frac{\sum\limits_j P_{ef\,j} T_{ef\,j}}{\sum\limits_j P_{t\,j} T_{cal\,j}} \cdot 100 = \frac{150}{876} \cdot 100 = 17{,}1\%.$$

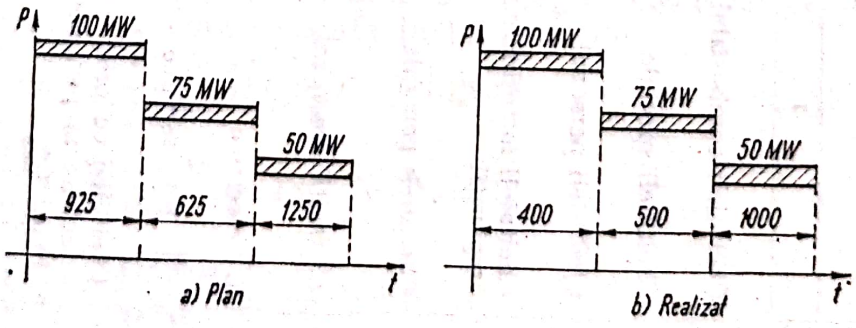


Fig. 54, *a*, *b*

Scanned with OKEN Scanner

Energiile produse efectiv, maxim și maximorum au următoarele valori:

Tabelul 107

	Cazul planificat	Cazul realizat
E_{ef} (GWh)	$E_{zf} = 150$	$E_{ef} = 100$
E_{max} (GWh)	$(925100 + 75625 + 50 \cdot 1250)\ 10^{-3}$ $E_{max} = 202$ (GWh)	$(100400 + 75500 + 50 \cdot 1000) \cdot 10^{-3}$ $E_{max} = 127{,}5$ (GWh)
$E_{max\,max}$ (GWh)	$100 \cdot 8760 \cdot 10^{-3} = 876$	876

Indicii realizați se calculează astfel:

$$K_{ext}^{v.r.} = \frac{127{,}5}{876} \cdot 100 = 14{,}6\%\,;\ K_{int\,s}^{v.r.} = \frac{100}{127{,}5} \cdot 100 = 78{,}5\%\,;$$

$$K_{int\,g}^{v.r.} = \frac{100}{876} \cdot 100 = 11{,}4\%.$$

2. Productivitatea muncii se calculează astfel:

$$P_m^p = \frac{E_{ef}^p}{N_s^p}\,;\quad P_m^r = \frac{E_{ef}^r}{N_s^r}\,;\quad N_s^p = N_s^r\,;$$

$$K = \frac{P_m^p}{P_m^r} = \frac{E_{ef}^p}{E_{ef}^r} = \frac{150\ \text{(GWh)}}{100\ \text{(GWh)}} = 1{,}5.$$

Dacă se consideră productivitatea muncii planificată egală cu 100% atunci:

$$P_m^r = \frac{100 \cdot 100}{150} = 66{,}6\%.$$

Deci productivitatea muncii a scăzut cu 33,4%.

3. Costul energiei produse.

$$p_c^{pl} = \frac{C_f + C_v}{E_p^p}\,;\quad p_c^r = \frac{C_f + C_v}{E_p^r}\,;\quad C_v = 0\,;$$

$$K' = \frac{p_c^r}{p_c^{pl}} = \frac{E_p^p}{E_p^r} = \frac{150}{100} = 1{,}5.$$

Deci:

$$p_c^r = 1{,}5\,p_c^{pl}.$$

Costul energiei realizate este cu 50% mai mare decît cel planificat.

Din cauza nerealizării planului, productivitatea a scăzut cu 33,4%, iar costul a crescut cu 50%.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 81

În vederea aplicării modelelor matematice la calculul prețurilor de vînzare a produselor realizate într-o centrală electrică de termoficare se pleacă de la analiza structurii cheltuielilor pe elemente de calculație în maniera teoriei cazurilor și se fac următoarele considerații:

A. *Structura cheltuielilor de producție.*

1. Cheltuieli cu materiile prime, materiale auxiliare (inclusiv apa tehnologică) și combustibil (C_{m+s});
2. Cheltuieli cu retribuția muncii și contribuții asupra acestora (C_{tm});
3. Cheltuieli cu amortizarea fondurilor fixe (C_{amor});
4. Cheltuieli generale (pază, deplasări, locații, telecomunicații, de anticipație, protecția muncii etc.). (C_g);
5. Cheltuieli cu reparația și întreținerea utilajului (C_{sp});
6. Cheltuieli diverse (tehnică nouă, organizarea și conducerea producției, neprevăzute etc.);
7. Cheltuieli pentru fonduri fixe ($p_n I_t$) egale cu (5 — 10)% din investiții.

B. *Elementele pentru care se determină prețurile de vînzare la nivelul sistemelor industriale (C.E.T.).*

1. Energia electrică (MWh);
2. Energia termică și condensul (Gcal);
3. Apa tratată și industrială;
4. Cenușă;
5. Alte elemente care constituie producția marfă a sistemului industrial (C.E.T.);

C. *Elementele producției globale a unei centrale electrice de termoficare (C.E.T.).*

1. Energie electrică produsă;
2. Energia termică produsă ;
3. Apa tratată produsă;
4. Apa industrială produsă;
5. Producția de cenușă;
6. Valoarea pieselor de schimb;
7. Valoarea reparațiilor capitale în regie proprie;
8. Valoarea lucrărilor industriale;
9. Valoarea lucrărilor diverse (neindustriale, neprevăzute etc.).

D. *Modele de calcul al prețului de vînzare a produselor realizate de C.E.T.*

$$p_v^e = \frac{C_t^e}{E_1} + p_n \frac{I_t^e}{E_1} + b_t^e \quad \text{lei/MWh};$$

$$p_v^Q = \frac{C_t^Q}{Q_e} + b_t^Q + p_n \frac{I_t^Q}{Q_1} \quad \text{lei/Gcal};$$

$$p_v^{alte} = \frac{C_t^{alte}}{V_{alt}} + p_n \frac{I_t^{alte}}{V_{alt}} + b_t^{alte} \quad (\text{lei/m}^3).$$

Scanned with OKEN Scanner

La defalcarea cheltuielilor totale pe energia electrică și termică se aplică în practică metoda fizică modificată în sensul că cheltuielile comune ale secțiilor de fabricație se împart pe principalele produse cu ajutorul unor chei care ar trebui stabilite cu relațiile de calcul din cadrul metodei obiective prezentată anterior. Se trece apoi o parte a cheltuielilor (apa tehnologică, chimicale etc.) pe seama producției de energie electrică avantajîndu-se producția de energie termică. Cheltuielile care intervin în modelele D au următoarea structură:

$$C_i^e = C_{ee} + C_g^e + C_c^e + C_{du}^e = C_{m+s}^e + C_{im}^e + C_{amor}^e + C_{sp}^e + C_g^e + C_c^e + C_{dv}^p;$$

$$C_i^Q = C_{tt} + C_g^t + C_c^t + C_{du}^t = C_{m+s}^t + C_{im}^t + C_{amor}^t + C_{sp}^t + C_g^t + C_c^t + C_{dv}^t;$$

$$C_i^{ai} = C_{i\ \text{exp}}^{ai} + C_{ie}^{ai} + C_{ig}^{ai}; \quad C_i^{at} = C_{i\ \text{exp}}^{at} + C_{ie}^{at} + C_{ig}^{at};$$

$$C_i^t = C_{i\ \text{exp}}^c + C_{ie}^c + C_{ig}^c.$$

Prețul de vînzare al apei tratate (p^{at}); al apei industriale (p_v^{ai}) și al cenușei (p_v^c) se calculează separat cu ajutorul relațiilor D.

În relațiile D intervin următoarele mărimi:

— p_v^e; p_v^Q; p_v^{ait} c = prețurile de vînzare al energiei electrice (e), energiei termice (Q) și ale celorlalte produse (apa tratată, apă industrială și cenușă);

— C_i^e; I_i^e; C_i^Q; I_i^Q; C_i^{ait} c; I_i^{ait} c = cheltuielile și investițiile care se iau în considerație la calculul costurilor p_v^e; p_v^Q; p_v^{aitc};

— b_i^e; b_i^t; b_i^{aitc} = beneficiile planificate pentru fiecare formă de produs (E, Q) și celelalte produse luate în considerație (apa tratată, apa industrială și cenușă);

— C_{ee}; C_{tt} = cheltuielile exclusiv electrice (ee) și totalmente termice (tt);

— C_g^e; C_g^t = cote din cheltuielile generale care revin energiei electrice (e) și respectiv energiei termice (t);

— C_c^e; C_c^t = cote din cheltuielile comune care revin energiei electrice (e) și respectiv energiei termice (t);

— C_d^e; C_d^t = cote din cheltuielile diverse care revin energiei electrice și respectiv energiei termice;

— C_{m+s}; C_{im}; C_{sp}; C_{amor}; C_g = cheltuielile cu materiile prime și materialele inclusiv combustibilul și apa tehnologică. (C_{m+t}) — cheltuielile de retribuție a personalului (C_{im}); cheltuieli speciale (C_{sp}), cheltuieli de amortizare (C_{amor}) și cheltuieli generale (C_g);

— $C_{i\ \text{exp}}^{ai}$; $C_{i\ \text{ext}}^{at}$; C_{exp}^c = cheltuieli totale de exploatare a instalațiilor pentru apa industrială (ai), pentru apa tratată (at) și pentru industrializarea cenușei (c);

— C_{ie}^{ai}; C_{ie}^{at}; C_{ie}^c = cheltuielile cu energia consumată în cazul instalațiilor care contribuie la asigurarea apei industriale, a apei tratate și a cenușei livrate;

— C_{ig}^{ai}; C_{ig}^{at}; C_{ig}^c = cote din cheltuielile generale care revin apei industriale (ai), apei tratate (at) și cenușei (c).

Scanned with OKEN Scanner

Datele de producţie a unei centrale electrice de termoficare în cursul unui an au următoarea structură:

	Apă	Q	E
	m.c.	(Gcal)	(MWh)
— Volumul producţiei	—	552 905	202 771
— Consum propriu tehnologic pentru (E şi Q)	—	—	16 870
— Consum pentru diverse activităţi	—	—	245
— Pierderi în transformatoare	—	—	492
— Volumul livrat	156 758	552 525	175 164

Tehnica de transformare a producţiei în unităţi echivalente se explică astfel:

— Energia electrică 202 771 × 9 = 1 869 939 (u.e.).

— Energia termică (552 905 × 1 = 552 905)

Total unităţi echivalente 2 442 844 (u.e.)

Dacă se raportează cheltuielile comune totale (1 491 376) lei la total producţie în unităţi echivalente (2 442 844 lei) se obţine cheia de defalcare a cheltuielilor comune. Cu ajutorul acestei chei se determină cheltuielile comune aferente energiei electrice şi energiei termice. Dacă se raportează cheltuielile de întreţinere în funcţionare a utilajului la investiţia totală se obţine cheia de repartizare a investiţiilor comune pe producţia de energie electrică şi respectiv energie termică. Această tehnică de repartizare a cheltuielilor şi investiţiilor comune pe diverse forme de energie produse într-o centrală electrică de termoficare aplicată la calcularea preţului de cost în unele centrale electrice, deşi simplă nu respectă tehnica de defalcare propusă în literatură.

Rezultatele de calcul se pot urmări în tabelele (108—109).

Întrucît structura cheltuielilor din tabelul (108), stabilită pe baza instrucţiunilor de calcul al costului elaborate de MEE în 1965, are unele neajunsuri, mai ales sub aspectul sistematizării, socotim că prezentarea calculaţiei costului energiei în maniera cercetării operaţionale ar fi binevenită. Astfel s-ar putea face o prezentare unitară a cheltuielilor atît la nivelul secţiilor de producţie cît şi la nivelul întreprinderilor energetice şi s-ar include în structura costului cheltuielile ocazionate de aplicare a teoriilor cercetării operaţionale.

Pe această cale s-ar putea trece la îmbunătăţirea metodologiei de calcul al costului tuturor formelor de energie de la nivelul ramurii energetice (energie electrică şi termică).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 108

		Denumirea	C.E.T. T.A. costuri lei/lună	Observaţii
1	Cheltuieli cu întreţ. şi funcţionarea utilajului	Materiale auxiliare	416 122	
2		Combustibil tehnologic	6 719 233	
3		Apa	496 110	
4		Retribuţii	324 234	
5		Amortizare	2 952 154	
		T o t a l I	10 907 943	
6		Reparaţii curente	1 083 650	mijloace transport în secţie etc.
		Amortizări	—	
		Scule	15 377	
		Combustibil neproductiv	—	
		Reparaţii capitale utilaje	50 934	
		Alte cheltuieli cu utilaje	—	
7	Cheltuieli generale de secţie	Retribuţii TESA	154 570	
		Reparaţii curente clădiri	—	
		Reparaţii capitale clădiri	—	
		Cheltuieli gosp. secţie	3 367	
		Protecţia muncii	20 651	
		Alte cheltuieli generale	9 368	
		Amortizare clădiri	76 909	
		T o t a l II	1 312 958	
		Sume ce se scad	7 020	Lucrare cu caracter neindustrial
		T o t a l III	1 305 938	
		Energie termică (cheltuieli exclusive)		de exemplu pentru C.A.F.
		Combustibil tehnologic	15 128 694	
		Amortizare	457 313	
		Alte cheltuieli		
		Total energie termică	15 586 007	
		TOTAL GENERAL	27 799 888	

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 109

Articole de calculație	Costuri totale	Apă	Rest	Energie termică	Energie electrică	Cheltuieli comune	Cheltuieli specifice energiei electrice
Materiale auxiliare	416 122	0,50 78 379	337 743	—	337 743	—	337 743
Combustibil tehnologic	21 847 927	—	21 847 927	6 261 616 15 128 694	6 261 616 6 719 232	—	12 980 849
Apă tehnologică	496 110	0,70 189 730	386 380	—	386 380	—	386 380
Retribuții directe	324 234	1,25 39 190	285 134	3 954 4 800	376 580	16 452	263 882
Amortizări	3 409 467	0,35 54 865	3 354 602	280 080 152 250	2 994 272	911 833	2 290 519
Cheltuieli întreținere utilaje	1 048 093	0,40 62 703	985 390	128 084 103 253	754 053	561 281	320 856
Cheltuielile secției	257 845	0,41 64 271	193 574	413 528	192 633	1 810	191 236
Cheltuieli de fabricație	27 799 888	2,61 409 138	27 390 750	9 468 240	17 922 510	—	—
Cheltuieli generale întreținere	806 733	0,09 14 108	792 665	274 003	518 662		
T o t a l	28 606 661	2,70 423 246	28 183 415	9 742 243	18 441 172	1 491 376	16 771 465
Energ. electr. achiziționată				+ 1 202 768	— 1 202 768		
Total cheltuieli producție				10 945 011	17 238 404		
Lei/U.M.		2,70 lei/m³		19,82 lei/Gcal	98,41 lei/MWh		82,71 lei/MWh

Scanned with OKEN Scanner

Problema 82

Într-un microsistem energetic se consumă anual 10^6 MWh. Cheltuielile de producție fiind de $150 \cdot 10^6$ lei, din care 55% reprezintă cheltuielile variabile, iar 45% cheltuieli constante. Consumatorii de energie electrică ai sistemului se împart în trei categorii după cum rezultă din tabelul 110.

Tabelul 110

Felul consumatorilor Felul mărimii	Consumatori casnici	Mici consumatori industriali	Mari consumatori industriali
Energia consumată MWh	$0,15 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$	$0,75 \cdot 10^6$
Puterea maximă absorbită (MW)	60	30	140
Puterea maximă absorbită în timpul orelor de vîrf al sistemului	60	10	130

Consumatorilor casnici și micilor consumatori industriali li se aplică tarife monome diferite pentru cele două categorii, iar marii consumatori industriali urmează să plătească energia după un tarif bincm. Beneficiul ce trebuie realizat este de 10%. *Să se determine* tarifele pentru cele trei categorii de consumatori în ipotezele:

1. Se ia în considerație contribuția la vîrful de putere al sistemului.
2. Se ia în considerație la determinarea taxei de putere maximum puterii cerute de fiecare categorie de consumator.

Rezolvare

Calculul cheltuielilor C_{ec} și C_{cv} cînd se ține seama și de beneficiu.

$$C_{cv} = 0,45 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 1,1 = 74,3 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_{cc} = 0,55 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 1,1 = 90,7 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Ipoteza contribuției la vîrf.

$$A = \frac{74,3 \cdot 10^6}{(60 + 10 + 130) \cdot 10^3} = 371,5 \text{ lei/kW} \cdot \text{an};$$

$$b = \frac{90,7 \cdot 10^6}{(150 + 100 + 750) \cdot 10^6} = 0,0907 \text{ lei/kWh}.$$

Tarif monom consumatori casnici.

$$t_m = \frac{371,5 \cdot 60 \cdot 10^3}{1150 \cdot 10^6} + 0,0907 = 0,1487 + 0,0907 = 0,2394 = 0,24 \text{ lei/kWh}.$$

Tarif monom micii consumatori industriali:

$$t_m = \frac{371,5 \cdot 10^4}{100 \cdot 10^6} + 0,0907 = 0,03715 + 0,0907 = 0,12785 \cong 0,13 \text{ lei/kWh}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Ipoteza puterii maxime indiferent de oră.

$$A_{t0} = \frac{74{,}3 \cdot 10^6}{(60 + 30 + 140) \cdot 10^3} = 323 \text{ lei/kW și an.}$$

Tarif monom consumatori casnici.

$$t_m = \frac{323 \cdot 60 \cdot 10^3}{150.10^6} + 0{,}0907 = 0{,}1292 = 0{,}2199 = 0{,}22 \text{ lei/kWh.}$$

Tarif monom micii consumatori industriali.

$$t_m = \frac{323 \cdot 30 \cdot 10^3}{10^4} + 0{,}0907 = 0{,}097 = 0{,}1877 \cong 0{,}19 \text{ lei/kWh.}$$

Tariful binom operează cu următoarele elemente:

$A = 323$ lei/kWh și an; și b = 0,09 lei/kWh

$$p_b = \left[\frac{A}{t_f} + b\right] = \left[\frac{323}{t_{e_f}} + 0{,}09\right] \text{ (lei/kWh).}$$

Problema 83

Cheltuielile unei întreprinderi de electricitate a fost în anul de bază de $60 \cdot 10^6$ lei, iar structura costului era de forma:

— Cheltuieli pentru combustibil 50%;
— Cheltuieli pentru retribuții 15%;
— Cheltuieli pentru amortizări 30%;
— Cheltuieli diverse 5%.

Pentru anul de plan se prevăd următoarele sarcini:

— Creșterea producției cu 10% și scăderea consumului specific cu 5%;
— Planul forțelor de muncă rămîne neschimbat, iar retribuția medie crește cu 5%;
— Volumul cheltuielilor diverse va rămîne neschimbat.

Întreprinderea are trei abonați mari A, B, C la care energia se tarifează după tariful binom și o serie de abonați casnici la care se aplică tariful monom simplu.

Puterile consumatorilor și numărul de ore de utilizare în anul de plan se dau astfel:

Tabelul 111

Consumatorul	Puterea cerută (MW)	Energia consumată (MWh)	Numărul orelor de funcționare
Consumatorii casnici	12	36 500	3 042
Consumator *A*	15	99 645	6 643
Consumator *B*	8	41 610	5 200
Consumator *C*	6	14 965	2 494
Producție	35	192 720	5 506

Scanned with OKEN Scanner

Beneficiul planificat al întreprinderii 10%. Nu se tarifează energia reactivă și nu se consideră impozitul pe circulația produselor.

Cheltuielile în anul de plan sînt formate din 50% cheltuieli convențional constante și 50% din cheltuieli convențional variabile.

Să se determine:

1. Noua structură a cheltuielilor de producție și variația acestora față de anul de bază.
2. Volumul cheltuielilor în anul de plan și formula tarifului binom.
3. Volumul încasărilor în anul de plan.
4. Costul cu care revine energia micilor consumatori prin aplicarea tarifului monom.
5. Costul mediu cu care revine energia electrică la fiecare consumator A, B, C.

Rezolvare.

1. Structura cheltuielilor.

— Combustibil $45 \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}1 = 47{,}025\% \cdot \frac{100}{102{,}775} \rightarrow 45{,}75$;

— Retribuții $15 \cdot 1{,}05 = 15{,}75\% \cdot \frac{100}{102{,}775} \rightarrow 15{,}3$;

— Amortizări $35 = 35\% \cdot \frac{100}{102{,}775} \rightarrow 34{,}07$;

— Diverse $5 = 5\% \cdot \frac{100}{102{,}775} \rightarrow 4{,}88$;

$\overline{102{,}775\%} \qquad \overline{100\%}.$

2. Volumul cheltuielilor în anul de plan.

$C_t = 60 \cdot 10^6 \cdot 1{,}02775 = 61{,}7 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_c = 30{,}85 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_v = 30{,}85 \cdot 10^6$ lei/an;

$p_m = K_1 \cdot P_{v_s} + K_2 \cdot E_s$.

Energiile consumate, puterile maxime la vîrf și numărul orelor de funcționare se dau astfel:

	E_c	P^v_{max}	h
— Consumatori casnici	36 500 MWh	12	3 042
— Consumatorul A	99 645 MWh	15	6 643
— Consumatorul B	41 610 MWh	8	5 200
— Consumatorul C	14 965 MWh	6	2 494
Total	192 720 MWh		

Scanned with OKEN Scanner

La puterea maximă simultană rezultă p_m sub forma:

$$p_m = \frac{30{,}85 \cdot 10^6 P_{vs}}{35\,000} + \frac{30{,}85 \cdot E_s}{192{,}72 \cdot 10^6} = 882\, P_{vs} + 0{,}16\, E_s$$

3. Volumul încasărilor este mai mare decît volumul cheltuielilor cu 10%, adică se adaugă beneficiul.

4. Prețul de vînzare al energiei.

Tariful monom se determină astfel:

$$p_m = \left(\frac{882 \cdot 12 \cdot 10^3}{36{,}5 \cdot 10^6} + 0{,}16\right) \cdot 1{,}1 = (0{,}29 + 0{,}16) \cdot 1{,}1 = 0{,}495 \text{ lei/kWh}.$$

Tariful binom se stabilește cu o relație de forma:

$$F = \left(\frac{882 \cdot 23}{29} \cdot P_v + 0{,}16\, E_s\right) \cdot 1{,}1 = (669\, P_v + 0{,}16\, E_s) \cdot 1{,}1 =$$

$$= 737\, P_v + 0{,}176\, E_s.$$

5. Prețul mediu cu care revine energia electrică consumatorilor A, B, C este:

$$p_{m_A} = \frac{736 \cdot 15 \cdot 10^3}{99{,}645 \cdot 10^6} + 0{,}176 = 0{,}199 + 0{,}176 = 0{,}285 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_B} = \frac{736 \cdot 8 \cdot 10^3}{41{,}61 \cdot 10^6} + 0{,}176 = 0{,}1414 + 0{,}176 = 0{,}3174 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_C} = \frac{736 \cdot 6 \cdot 10^3}{14{,}965 \cdot 10^6} + 0{,}176 = 0{,}295 + 0{,}176 = 0{,}471 \text{ lei/kWh}.$$

Problema 84

Se consideră patru întreprinderi A, B, C, D alimentate cu energie electrică din sistemul energetic A.

Caracteristicile de consum ale întreprinderii sînt:

$A \cdot P_{max}$ absorbită 600 kW;
$E = 2{,}4 \cdot 10^6$ kWh/an $\cos \Phi = 0{,}75$
Taxa fixă pentru puterea $A = 1\,440$ lei/kWh și an
Prețul pentru energie $b = 0{,}17$ lei/kWh
B. P_{max} absorbită 400 kW;
$E = 2{,}4 \cdot 10^6$ kWh/an; $\cos \Phi = 0{,}75$

Taxa fixă pentru putere și prețul energiei nu se modifică față de întreprinderea A.

C. Întreprinderea C are aceleași caracteristici ca și întreprinderea B cu deosebirea că realizează $\cos \Phi = 0{,}95$.

D. Întreprinderea D are aceleași caracteristici ca și întreprinderea A, dar realizează $\cos \Phi = 0{,}92$ și consumă la orele de vîrf ale sistemului o putere de 300 kW.

Datorită realizării unor valori diferite pentru $\cos \Phi$, întreprinderile A și B sînt penalizate prin creșterea prețului de cumpărare a energiei cu 15%, iar întreprinderea D capătă o reducere a taxei fixe de putere cu 25% și a prețului de cumpărare a energiei cu 5%.

Scanned with OKEN Scanner

Să se calculeze:

1. Numărul de ore de utilizare a puterii maxime.
2. Costul specific cu care revine energia fiecărui consumator în parte.
3. Economia realizată de fiecare întreprindere față de cea cu prețul de cumpărare a energiei cel mai mare.
4. Interpretarea rezultatelor și sublinierea importanței folosirii tarifului binom.

Rezolvare

1.
$$t_{ef} = \frac{E_c}{P_c} = \begin{cases} t_A \dfrac{2{,}4 \cdot 10^6}{600} = 4 \cdot 10^3 \text{ h/an} \\ t_B \dfrac{2{,}4 \cdot 10^6}{400} = 6 \cdot 10^3 \text{ h/an} \\ t_C \dfrac{2{,}4 \ \ 10^6}{400} = 6 \cdot 10^3 \text{ h/an} \\ t_D \dfrac{2{,}4 \cdot 10^6}{600} = 4 \cdot 10^3 \text{ h/an} \end{cases}$$

2. $p_{cm} = \dfrac{C_t}{E_c} = \dfrac{C_c + C_v}{E_c} = \dfrac{A \cdot P_c + b \cdot E_c}{E_c}$

$$p_{cm} = \frac{A \cdot P_c}{E_c} + b = \frac{A}{T_{ef}} + b$$

$A = 1\,440$ lei/kW; $\quad b = 0{,}17$ lei/kWh; $\quad t_{ef} = \dfrac{E_c}{P_c}$

$$p_{cm_A} = \frac{1440}{4000} + 0{,}17 = 0{,}53 \text{ lei/kWh}$$

$$p_{cm_A} = 0{,}53 \cdot 1{,}15 = 0{,}609 \text{ lei/kWh}$$

$$p_{cm_B} = \frac{1440}{6000} + 0{,}17 = 0{,}410 \text{ lei/kWh}$$

$$p_{cm_B} = 1{,}15 \cdot 0{,}410 = 0{,}471 \text{ lei/kWh}$$

$$p_{cm_C} = 0{,}471 \text{ lei/kWh}$$

$$p_{cm_D} = \frac{0{,}75 \cdot A}{4000} + 0{,}17 = \frac{0{,}75 \cdot 1440}{4000} = 0{,}567 \text{ lei/kWh}$$

$$p_{cm_D} = 0{,}567 \cdot 0{,}95 = 0{,}540 \text{ lei/kWh}$$

3. $E_{B-A} = 18{,}3\%$; $\quad E_{C-A} = 22{,}48\%$; $\quad E_{D-A} = 27{,}05\%$.

4. Economia realizată crește odată cu sporirea valorii factorului de putere.

— Pentru aceeași cantitate de energie consumată (deci pentru aceeaşi producție industrială) prețul mediu de cumpărare a energiei diferă în funcție de caracteristicile de consum.

Scanned with OKEN Scanner

— Costul specific al produsului industrial scade dacă numărul de ore de utilizare crește însoțit de sporirea factorului de putere.

— Un consum rațional de energie electrică contribuie la aplatisarea curbelor de sarcină și la o exploatare economicoasă a centralelor electrice din sistem.

— Aplicarea tarifului binom arată modul în care consumatorul trebuie să absoarbă energia electrică din sistem și anume: pe cît posibil în afara orelor de vîrf ale sistemului, la un număr de ore de utilizare cît mai mare a receptoarelor electrice din întreprinderi și la un factor de putere peste cel neutral.

Problema 85

O centrală electrică de termoficare a livrat în anul de bază $2 \cdot 10^6$ Gcal și 10^6 MWh, consumînd 701.500 tone combustibil inferior. Prețul combustibilului 400 lei/tonă. Randamentul cazanului este egal cu 0,88.

Pentru anul de plan se prevede:

— Creșterea producției globale cu 22%;
— Ridicarea randamentului la 0,8976;
— Scăderea consumului de căldură al grupurilor cu 8%;
— Creșterea productivității cu 27%;
— Creșterea retribuției medii cu 2,5%;
— Diverse alte cheltuieli rămîn constante;
— Se menține constant volumul fondurilor fixe;
— Creșterea procentuală a consumului de chimicale 15%;

Structura cheltuielilor în anul de bază:

— Combustibil $70{,}15 \cdot 10^6$ lei;
— Chimicale pentru tratarea apei $6 \cdot 10^6$ lei;
— Retribuții $8 \cdot 10^6$ lei;
— Amortizări $50 \cdot 10^6$ lei din care:
— Cazane + instalații anexe $20 \cdot 10^6$ lei;
— Grupuri + instalații anexe $15 \cdot 10^6$ lei;
— Camera de comandă, stația de conexiuni + atelierul de reparații electrice $4 \cdot 10^6$ lei;
— Boilere + instalații auxiliare 10^6 lei;
— Instalații de tratarea apei $3 \cdot 10^6$ lei;
— Restul fondurilor fixe $2 \cdot 10^6$ lei;

Diverse alte cheltuieli $5 \cdot 10^6$ lei.

În afară de creșterile prevăzute C.E.T. va livra în anul de plan cu 50% mai multă energie și cu 15% mai multă căldură.

Beneficiul planificat este 15% la energie electrică și 5% la căldură.

Energia se vinde numai marilor consumatori cărora li se aplică tariful binom.

Vîrful nesimultan al consumatorilor în anul de plan este de 200 MW la putere și de 700 Gcal/h la căldură.

Defalcarea cheltuielilor între producerea energiei electrice și termice se va face după metoda obiectivă simplificată. Se consideră că 65% din costul instalației de tratare revine livrării de căldură, iar 35% revine livrării de energie electrică.

Cheltuielile pentru chimicale se împart conform acelorași cote. Se neglijează pierderile de orice fel.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine:

1. Costul specific al energiei electrice și al căldurii livrate.
2. Elementele tarifului binom pentru vînzarea energiei electrice și termice.

Rezolvare

1. Pentru anul de bază se dau următoarele mărimi:

$$Q_0 = 2 \cdot 10^6 \text{ Gcal/h}; \quad E_0 = 10^6 \text{ MWh}; \quad \eta_{c_0} = 0{,}88;$$

$$B_0 = 701.500 \text{ t.c.c.};$$

$$b_0 = \frac{2{,}635 \cdot 10^6}{1{,}135 \cdot 10^6} = 2{,}32 \text{ Gcal/MWh}.$$

Consumul specific în anul de plan scade cu 8%, deci:

$$b_I = 0{,}92\, b_0 = 0{,}92 \cdot 2{,}32 = 2{,}13 \text{ Gcal/MWh}.$$

Consumul de combustibil în anul de plan se calculează astfel:

$$B_I = (b_I \cdot E_I + Q_I) \cdot \frac{1}{\eta_{c_I}} = (2{,}13 \cdot 1{,}15 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^6) \frac{1}{0{,}8976} = 6{,}07 \cdot 10^6 \text{ Gcal}$$

$$B_I = \frac{6{,}07 \cdot 10^6 \cdot 10^6}{7000 \cdot 10^3} = 868.000 \text{ tone}.$$

Cheltuielile în anul de plan au următoarea structură:

— Combustibil $B_I \cdot p_c = 868.000 \cdot 400 = 347{,}2 \cdot 10^6$ lei

— Chimicale $1{,}5 \cdot 6 \cdot 10^6 = 9.000.000$ lei cresc cu 50% față de anul de bază.

— Retribuția $R_I = r_I \cdot Ns_I = 1{,}025 \cdot r_0 N_1 = 1{,}025\, r_0 \frac{P_I}{P_{m_I}}$;

$$R_I = 1{,}025\, r_0 \cdot 0{,}962\, N_0 = 7{,}9 \cdot 10^6 \text{ lei}.$$

$P_I = 1{,}22\, P_0$; $P_{m_I} = 1{,}27\, P_{m_0}$; $N_I = 0{,}962\, N_0$; $R_I = 1{,}025\, r_0\, N_I$.

— Amortizările rămîn constante.

— Cheltuielile generale rămîn constante.

Defalcarea cheltuielilor pe baza conceptelor metodei obiective se face astfel:

$$C_{CET} = C_B + C_R + C_A$$

C_B = cheltuieli cu combustibilul;
C_A = cheltuieli de amortizare;
C_R = restul cheltuielilor.

$$C_B = C_B^e + C_B^t;$$

$$C_B^e = B_{CET}^e \cdot p_c^c = \frac{b_I \cdot E_I}{\eta_{c_I}} p_c^c = \frac{2{,}13 \cdot 1{,}15 \cdot 10^6}{0{,}8976} p_c^c = 2{,}73 \cdot 10^6 \text{ Gcal } p_c^c$$

$$C_B^e = 156{,}4 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_B^t = (96{,}8 \cdot 10^6 - 39{,}1 \cdot 10^6)\, p_c^c = 47{,}7\, p_c^c \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Cheia de defalcare a cheltuielilor cu combustibilul se determină astfel:

$$q^e = \frac{C_B^e}{C_B} = \frac{p_e^e\ 39,1 \cdot 10^6}{p_e^e\ 86,8 \cdot 10^6} = 0,45.$$

Restul cheltuielilor se calculează cu o relație de forma:

$C_R = C_{\text{chimicale}} + C_{\text{retribuție}} + C_{generale}$

Din datele problemelor rezultă următoarele:

$C^e_{\text{chimicale}} = 0,35$ Chimicale $= 0,35 \cdot 9 \cdot 10^6 = 3,14 = 10^6$ lei/an

$C^l_{\text{chimicale}} = 5,86 \cdot 10^6$ lei/an.

Celelalte cheltuieli se defalcă astfel:

$C^e_R = q^e C_R = 0,45(7,9 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^6) = 5,81 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_R = C_{\text{retribuție}} + C_{\text{generale}}$ $\quad C^l_R = 6.090.000$ lei/an;

$C^e_R = 3,14 \cdot 10^6 + 5,81 \cdot 10^6 = 8,95 \cdot 10^6$ lei/an;

$C^l_R = 5,86 \cdot 10^6 + 6,09 \cdot 10^6 = 11,95 \cdot 10^6$ lei/an.

Cheltuielile de amortizare se stabilesc astfel:

$C_A = C^{ee}_A + C^{tt}_A + C^{et}_{Ac}$;

$C^{ee}_{Ac} = 0,4 \cdot 2 \cdot 10^6 + 0,35 \cdot 3 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^6 + 1,05 \cdot 10^6 = 9,05 \cdot 10^6$ lei;

$C^{tt}_{Ac} = 0,65 \cdot 3 \cdot 10^6 = 1,95 \cdot 10^6$ (lei/an);

$C^{at}_{Ac} = 0,6 \cdot 20 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^6 = 14 \cdot 10^6$ lei/an;

$C^e_{Ac} = q^e \cdot C^{et}_{Ac} = 0,45 \cdot 14 \cdot 10^6 = 6,3 \cdot 10^6$ lei/an;

$C^l_{Ac} = 7,7 \cdot 10^6$ lei/an.

Cheltuielile C^e_A și C^l_A se determină astfel:

$$C^e_A = C^{ee}_A + C^{ee}_{Ac} + \Delta C^e_{Ac} = 19 \cdot 10^6 + 9,05 \cdot 10^6 + 6,3 \cdot 10^6 = 34,35 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C^l_A = C^{tt}_A + C^{tt}_{Ac} + \Delta C^l_{Ac} = 10^6 + 1,95 \cdot 10^6 + 7,7 \cdot 10^6 = 10,65 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Cheltuielile C^e_{CET} și C^l_{CET} se calculează astfel:

$$C^e_{CET} = C^e_A + C^e_B + C^e_R = 34,35 \cdot 10^6 + 39,1 \cdot 10^6 + 8,95 \cdot 10^6 = 82,4 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$C^l_{CET} = C^l_A + C^l_B + C^l_R = 10,65 \cdot 10^6 + 47,7 \cdot 10^6 + 11,95 \cdot 10^6 = 70,3 \cdot 10^6 \text{ lei}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Costul energiei electrice și al căldurii se determină astfel:

$$p_c^e = \frac{Z_{CET}^e}{E_I} = 171{,}6 \text{ lei/MWh};$$

$$p_c^Q = \frac{Z_{CET}^t}{Q_I} = 123{,}4 \text{ lei/Gcal}.$$

2. Elementele tarifului binom pentru vînzarea energiei:

$$F = K_1 P_c + K_2 \cdot E_e \qquad K_1 = \frac{C_f}{P};$$

$$p_m^e = \frac{K_1 \cdot P_c}{E_c} + K_2; \quad K_2 = \frac{C_v}{E}.$$

Dacă se ține seama și de beneficiul ce trebuie realizat avem:

$$p_v^e = p_c^e + \text{beneficiu} = 171{,}6 \cdot 1{,}15 = 198 \text{ lei/kWh};$$

$$p_v^Q = p_c^Q + \text{beneficiu} = 123{,}4 \cdot 1{,}05 = 129 \text{ Glei/Gcal}.$$

Problema 86

Într-un microsistem energetic se consumă anual 10^6 MWh.

Cheltuielile de producție fiind de $150 \cdot 10^6$ lei, din care 55% reprezintă cheltuieli convențional variabile, iar 45% cheltuieli convențional constante. Cele trei categorii de consumatori absorb următoarele energii și puteri:

Tabelul 112

Energiile și puterile	consumatorii		
	Iluminat	Consumatori ind. de mică putere	Marii consumatori industriali
Energia consumată anual (MWh) din care:	$15 \cdot 10^4$	10^5	$75 \cdot 10^4$
Energia în orele de vîrf ale sistemului	$12 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$8{,}75 \cdot 10^4$
Puterea maximă absorbită. (MW)	60	30	140
Puterea maximă absorbită în orele de vîrf ale sistemului. (MW)	60	10	130

Beneficiul planificat este de 10%.

Să se determine:

1. Tariful monom pentru consumatorii de iluminat, cu taxă independentă de ora de consum.
2. Tariful monom pentru micii consumatori industriali cu taxă dependentă de ora de consum.
3. Tariful binom pentru marii consumatori industriali cu taxă dependentă de ora de consum.

3.1. Puterea maximă absorbită de consumatori.

3.2. Puterea absorbită la vîrful sistemului.

Taxa de putere și de energie pentru consumul din orele de vîrf sînt de două ori mai mari decît valorile corespunzătoare pentru valorile din restul timpului.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

Pentru calcularea tarifelor se determină cheltuielile C_{cc} și C_{cv} cu relații de forma:

$$C_{cc} = 0{,}45 \cdot 150 \cdot 10^6 = 67{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_{cv} = 0{,}55 \cdot 150 \cdot 10^6 = 82{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Dacă se adaugă beneficiul planificat atunci rezultă:

$$V_{cv} = 1{,}1 \cdot 67{,}5 \cdot 10^6 = 74{,}25 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$V_{cc} = 1{,}1 \cdot 82{,}5 \cdot 10^6 = 90{,}7 \cdot 10^6 \text{ lei/an}.$$

Calculul taxelor de putere și energie în ipoteza contribuții la vîrful sistemului duce la următoarele valori:

$$A = \frac{V_{cc}}{(60 + 10 + 130)\ 10^3} = \frac{V_{cc}}{P_{virf}} = \frac{90{,}7 \cdot 10^6}{170 \cdot 10^3} = 371{,}5 \text{ lei /kW și an}$$

$$b = \frac{74{,}25 \cdot 10^6}{(150 + 100 + 750) \cdot 10^6} = 0{,}0907 \text{ lei/kWh}.$$

Tarife monom pentru consumatorii de iluminat.

$$p_m = \frac{371{,}5 \cdot 60 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} + 0{,}0907 = 0{,}1487 + 0{,}0907 = 0{,}234 = 0{,}24 \text{ lei/kWh}.$$

Micii consumatori industriali suportă următoarele taxe de energie:

$371{,}5 \cdot 10 = 2x \cdot 10 + x(30 - 10)$

$3715 = 20x + 20x = 40x \qquad x = 92{,}9 \quad 93 \text{ lei/kW}_{max} \text{ și an}$

$2x = 186 \text{ lei/kW}_{max}$ și an.

$0{,}0907 \cdot 10^6 = 2y \cdot 25 \cdot 10^3 + y \cdot 75\,000;$

$y = 0{,}0726$ lei/kWh; $2y = 0{,}1452$ lei/kWh;

$$t_{av} = \frac{93 \cdot 30.000}{75 \cdot 10^6 \text{ kWh}} + 0{,}0726 = 0{,}1 \text{ lei/kWh};$$

$$t_v = \frac{186 \cdot 10^4}{25 \cdot 10^4 \text{ (kWh)}} + 0{,}1452 = 0{,}2 \text{ lei/kWh}.$$

Iluminatul electric reclamă o taxă de energie de forma:

$371{,}5 \cdot 60 = 2x \cdot 60 \qquad 2x = 371{,}5 = 372 \text{ lei/kW}_v$ și an

$0{,}0907 \cdot 150\,000 = 2y \cdot 120\,000 + y \cdot 30\,000 \rightarrow 13{,}6 = 240y + 30y = 270y;$

$y = 0{,}0502$ lei/kWh; $2Y = 0{,}1004$ lei/kWh.

$$t_v = \frac{372 \cdot 60 \cdot 10^3 + 0{,}0502 \cdot 300\,000 + 0{,}1004 \cdot 120 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^3} = 0{,}24 \text{ lei/kWh}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Tariful binom are următoarea structură:

$$371{,}5 \cdot 130 = 2x \cdot 130 + x \cdot 10 = 270x;$$

$$x = \frac{371{,}5 \cdot 130}{270} = 179 \text{ lei/kW} \cdot \text{an}$$

$$2x = 358 \text{ lei/kW și an}$$

$$0{,}0907 \cdot 750 \cdot 10^3 = 2y \cdot 87500 + y\,(750 \cdot 10^3 - 87{,}51 \cdot 10^3)$$

$$68 \cdot 10^3 = 175 \cdot 10^3 y + 663{,}5 \cdot 10^3 y = 838{,}5 \cdot 10^3 y;$$

$$Y = \frac{68 \cdot 10^6}{838{,}5 \cdot 10^6 \text{ kWh}} = 0{,}081 \text{ lei/kWh};$$

$$2y = 0{,}162 \text{ lei/kWh}.$$

Problema 87

O centrală electrică are patru abonați și anume:

— Un oraș, căruia îi vinde anual 1 200 000 kWh și care absorbe o putere maximă de 400 kW la orele 18.

— O industrie chimică căreia îi vinde anual $42 \cdot 10^6$ kWh și care absorbe o putere maximă de 6000 kW la orele 18 și funcționează în trei schimburi.

— O uzină constructoare de mașini căreia îi vinde anual $13{,}5 \cdot 10^6$ kWh și care absorbe o putere maximă de 3000 kW între orele $8 \div 18$, avînd programul organizat în două schimburi ($7^{00} \div 23^{00}$).

— O fabrică textilă, consumînd anual $2 \cdot 10^6$ kWh, funcționează între ($7^{00} - 23^{00}$) și absorbe o putere maximă de 10^3 kW.

Vîrful maxim simultan a tuturor consumatorilor este de 8200 kW și are loc la ora 18^{00}. Cheltuielile anuale ale centralei sînt de $22 \cdot 10^6$ lei, iar beneficiul planificat este de 10%. Cheltuielile sînt formate, 45% din cheltuieli convențional variabile, iar restul de 55%, din cheltuielile convențional constante.

Consumatorilor li se aplică un tarif binom.

Să se determine:

1. Elementele tarifului binom:
2. Prețul mediu la care revine energia electrică consumatorilor alimentați de centrală în ipotezele:
2.1. Cheltuielile convențional constante se împart între consumatori proporțional cu puterile maxime ale fiecăruia.
2.2. Cheltuielile convențional constante se împart între consumatori proporționali cu participarea la vîrful centralei.

Rezolvare

1. $F = bE + AP$ factura pentru plata energiei consumate;

b și A sînt elementele tarifului binom.

$b = \frac{C_v}{E_e}$ taxa pentru energie (lei/kWh)

$A = \frac{C_c}{P}$ taxa pentru putere (lei/kW · an).

Scanned with OKEN Scanner

2. Cheltuielile totale se determină ținînd seama de beneficiul planificat, rezultă :

$$C_t = 1{,}1(22 \cdot 10^6) = 24{,}2 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$C_t = C_v + C_c = 24{,}2 \cdot 10^6(0{,}45 + 0{,}55) = 10{,}9 \cdot 10^6 + 13{,}3 \cdot 10^6$$

$$C_v = 10{,}9 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \quad C_c = 13{,}3 \cdot 10^6 \text{ lei/an};$$

$$b = \frac{10{,}9 \cdot 10^6}{58{,}7 \cdot 10^6} = 0{,}186 \text{ lei/kWh};$$

$$E_c = (1{,}2 \cdot 10^6 + 42 \cdot 10^6 + 13{,}5 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^6) = 58{,}7 \cdot 10^6 \text{ kWh/an}.$$

$$A = \frac{C_c}{P_{v\,max_{simultan}}} = \frac{13{,}3 \cdot 10^6}{8200} = 1\,620 \text{ lei/kW};$$

$$F = 0{,}186 \cdot E + 1620\ P.$$

Ținînd seama de puterile maxime ale consumatorilor se determină coeficientul care permite împărțirea cheltuielilor constante ce afectează taxa de putere în ipoteza puterii maxime a fiecărui consumator.

$$K = \frac{P_v}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4} = \frac{8200}{400 + 6000 + 3000 + 1000} = \frac{8200}{10400} = 0{,}788$$

$$A' = A \cdot K = 1620 \cdot 0{,}788 = 1\,275 \text{ lei/kW}.$$

Prețul mediu de vînzare al energiei se calculează astfel:

$$F = b \cdot E + A \cdot P = 0{,}186\ E + 1\,275\ P.$$

În ipoteza puterii maxime absorbite de consumatori, prețul cu care revine energia se calculează astfel:

$$p_{m_1} = 0{,}186 + \frac{1275 \cdot 400}{1{,}2 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}425 = 0{,}611 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_2} = 0{,}186 + \frac{1275 \cdot 6000}{42 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}1835 = 0{,}4695 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_3} = 0{,}186 + \frac{1275 \cdot 3000}{13{,}5 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}2835 = 0{,}4695 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_4} = 0{,}186 + \frac{1275 \cdot 1000}{2 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}638 = 0{,}824 \text{ lei/kWh}.$$

Cînd se împart cheltuielile constante între consumatori proporțional cu participarea lor la vîrful centralei, taxa de putere este A și factura are forma:

$$F = 0{,}186\ E + 1620\ P$$

Scanned with OKEN Scanner

Prețul mediu plătit pentru energia cumpărată se calculează astfel:

$$p_{m_1} = 0{,}186 + \frac{1620 \cdot 400}{1{,}2 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}539 = 0{,}725 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_2} = 0{,}186 + \frac{1620 \cdot 6000}{42 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}2415 = 0{,}4275 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_3} = 0{,}186 + \frac{1620\ (8200 - 6400)}{13{,}5 \cdot 10^6} = 0{,}186 + 0{,}2155 = 0{,}4015 \text{ lei/kWh};$$

$$p_{m_4} = 0{,}186 + \frac{1620 \cdot 0}{2 \cdot 10^6} = 0{,}186 \text{ lei/kWh}.$$

În ultimul caz prețul cu care revine energia consumatorilor este mai mic decît în cazul tarifării după puterea maximă a receptoarelor de energie, cu excepția $p_{m_1} = 0{,}725$ lei/kWh care este mai mare ca 0,611 lei/kWh deoarece $A > A'$.

Scanned with OKEN Scanner

III PROGNOZA ȘI DECIZIA ÎN CONDUCEREA SISTEMELOR INDUSTRIALE

(p. 88 — p. 110)

— Probleme de prognoză la nivelul sistemelor industriale

— Probleme de decizie

Scanned with OKEN Scanner

Problema 88

Din balanțele elaborate pentru perioada 1960—1970 s-au extras datele prezentate în tabelul 113.

Tabelul 113

Valori (10^6 tc.c)	Anul						
	1960	1965	1966	1067	1968	1969	1970
Producție	34,3	47,6	50,0	53,5	55,7	58,5	61,0
Import	1	1,5	1,7	1,8	3,1	4,5	6,3
Export	0,2	0,2	7,7	7,2	7,7	6,9	7,1
Consum intern	35,1	48,9	44,0	48,1	51,1	56,1	60,2

Se cere:

1. Scrierea modelelor matematice cu care operează prognoza producției de energie primară.
2. Determinarea coeficienților din funcția modelului în ipoteza:
   a) model liniar;
   b) model parabolic de gradul II.
3. Determinarea producției de energie primară estimată a se realiza în anul 1980.

Rezolvare

a) Funcția modelului matematic:
Modelul liniar: $E_1 = a + bt$
Model parabolic: $E_2 = a + bt + ct^2$

Ajustarea curbelor de extrapolare se face utilizînd metoda celor mai mici pătrate pe baza condiției

$$R = \sum_i e_i^2 = \text{min.}; \quad R = \sum_i [E_i - f(t_i)]^2 = \text{minim}$$

Condiția de minim e satisfăcută cînd se anulează derivatele parțiale ale funcției. Astfel se obține sistemul de ecuații normale cu ajutorul cărora se determină coeficienții funcției modelului.

$$b_1 \begin{cases} na + \left(\sum_i t_i\right) b = \sum_i E_i; \\ \left(\sum_i t_i\right) a + \left(\sum_i t_i^2\right) b = \sum_i t_i E_i; \end{cases}$$

$$b_2 \quad \begin{cases} na + \left(\sum_i t_i\right) b + \left(\sum_i t_i^2\right) c = \sum_i E_i ; \\ \left(\sum_i t_i\right) a + \left(\sum_i t_i^2\right) b + \left(\sum_i t_i^3\right) c = \sum_i t_i E_i ; \\ \left(\sum_i t_i^2\right) a + \left(\sum_i t_i^3\right) b + \left(\sum_i t_i^4\right) c = \sum_i t_i^2 E_i \end{cases}$$

în care: n = numărul anilor pe care se face analiza datelor din postdicție. Calculînd sumele din relațiile de mai sus se obțin datele din tabelul 114.

Tabelul 114

E_i	t_i	t_i^2	t_i^3	t_i^4	$t_i E_i$	$t_i^2 E_i$
34,3	1	1	1	1	34,3	34,3
47,6	6	36	216	1296	285,6	1713,6
50,0	7	49	343	2401	350,0	2450
53,5	8	64	512	4096	428,0	3424
55,7	9	81	729	6561	501,3	4511,7
58,5	10	100	1000	10000	585,0	5850
61,0	11	121	1331	14641	671,0	7381
360,6	52	452	4132	38996	2855,2	25364,6

Ecuațiile (b_1) respectiv (b_2) se pot scrie sub următoarele forme:

$$b_1 \quad \begin{cases} 7\ a + 52\ b = 360,6 \\ 52\ a + 452\ b = 2855,2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} a = 31,566 ; \\ b = 2,685 ; \end{cases}$$

$$b_2 \quad \begin{cases} 7\ a + 52\ b + 452\ c = 360,6 \\ 52\ a + 452\ b + 4132\ c = 2855,2 \\ 452\ a + 4132\ b + 38996\ c = 25364,6 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} a = 31,62 ; \\ b = 2,661 ; \\ c = 0,002. \end{cases}$$

Funcțiile modelelor liniar, respectiv a celui parabolic se pot scrie astfel:

$$E_1 = 31,566 + 2,685\ t ;$$

$$E_2 = 31,62 + 2,661\ t + 0,002\ t^2.$$

Pentru anul 1980 $\rightarrow t = 21$;

$$E_{1(1980)} = 87,95 \cdot 10^6 \text{ t.c.c.}$$

$$E_{2(1980)} = 88,38 \cdot 10^6 \text{ t.c.c.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Valorile obținute trebuie corelate cu factorii de care depind, adică trebuie ținut seamă de restricțiile modelului, legate de volumul de energie cerut de economia națională, de economicitatea resurselor energetice și de cantitatea disponibilă de resurse la nivelul anului pentru care se face prognoza.

Problema 89

În vederea preluării unui vîrf variabil de sarcină se prevede proiectarea și realizarea a două tipuri de centrale electrice și anume:

a) Centrale termoelectrice alimentate cu cărbune.

b) Centrale hidroelectrice cu lac de acumulare.

Ipotezele care permit simplificarea structurii modelului matematic se referă la următoarele probleme:

— Centrale de același tip au aceleași caracteristici.

— Cheltuielile unitare de producere a energiei nu depind de valoarea puterii debitate de centrală.

— Caracteristicile legate de o centrală electrică sînt constante.

Se cere:

a) Construirea modelului matematic al cheltuielilor totale anuale și precizarea structurii setului de restricție.

b) Determinarea variantei optime cu datele de calcul din tabelul 115.

c) Comentarea rezultatelor în funcție de restricțiile problemei.

Rezolvare

a) Funcția de eficiență a modelului matematic are următoarea structură:

$$Z_t = (Z_{CTE} + Z_{CHE}) = [C_c^{CTE} x_1 + (C_{av} + Com + Crep)_{CME} x_1 I_{CTE} + 0{,}08\ I_{CTE} x_1 + (Cdv + Com + Crep)_{CHE}\, x_2 I_{CHE} + 0{,}08 I_{CHE}\ x_2] = \text{minim.}$$

Caracteristicile centralelor termo și hidroelectrice și cele ale consumului din zona supusă studiului se dau în tabelul 115.

$$Z_t = (234x_1 + 378x_2) = \text{minim.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 115

Nr. crt.	Caracteristici	Sb.	U.M.	Valoare		Total
				C.T.E.	C.H.E.	
1	Puterea instalată	P_i	MW.	200	100	—
2	Investiții	I_i	10^6 lei	900	1800	—
3	Cheltuieli de reparații	C_{rep}	%	6	3	—
4	Cheltuieli de amortizare	C_{am}	%	9	7	—
5	Cheltuieli cu combustibilul	C_c	10^6 lei	30	—	—
6	Cheltuieli diverse	C_{dv}	%	2	1	—
7	Durata de utilizare a vîrfului de sarcină	tu	h/an	6000	3000	—
8	Termenul de recuperare al investițiilor	t_{r_n}	ani	10 — 12,5	10 — 12,5	—
9	Energia înmagazinată într-un an în lacurile de acumulare	E_a	Gwh	—	2100	—
10	Vîrful maxim de putere în zonă	P_{max}	MW	—	—	700
11	Energia maximă anuală consumată în zonă	E_{max}	Gwh	—	—	3300
12	Investițiile impuse	Imax. Imin.	10^6 lei	—	—	14400 4500

Restricțiile problemei au următoarea formulare:

— Respectarea bilanțului de putere la nivelul sistemului energetic.

$$P_{CTE}x_1 + P_{CHE}x_2 \geq P_{max},$$

$$200\ x_1 + 100\ x_2 \geq 700$$

— Respectarea condițiilor impuse de bilanțul energetic la nivelul sistemului.

$$P_{CTE} \cdot t_{CTE}x_1 + P_{CHE} \cdot t_{CHE} \cdot x_2 \geq E_{max}$$

$$1200\ x_1 + 300\ x_2 \geq 3300$$

Scanned with OKEN Scanner

— Bilanțul de energie la nivelul lacului de acumulare.

$P_{CHE} \cdot t_{CHE} x_2 \leqslant E$ acumulată în lac.

— Respectarea volumului planificat de investiții ținînd seama de politica economică în domeniul energetic

$$I_{t\,(minim)} \leqslant I_{t\,CTE} x_1 + I_{t\,CHE} x_2 \leqslant I_{t\,maxim}$$

$$4500 \leqslant 900\ x_1 + 1800\ x_2 \leqslant 14400$$

— Restricția de nenegativitate a variabilelor

$$x_1 \geqslant 0 \quad x_2 \geqslant 0$$

b) În vederea alegerii variantei optime se rezolvă un model liniar de formă *:

$$Z_t = 234\ x_1 + 378\ x_2 = \text{minim.}$$

$$200\ x_1 + 100\ x_2 \geqslant 700 \quad (A)$$

$$1200\ x_1 + 300\ x_2 \geqslant 3300 \quad (B)$$

$$300\ x_2 \leqslant 2100 \quad (C)$$

$$900\ x_1 + 1800\ x_2 \geqslant 4500 \quad (D)$$

$$900\ x_1 + 1800\ x_2 \leqslant 1400 \quad (E)$$

$$x_1 \geqslant 0 \ (f)\ x_2 \leqslant 0 \quad (G)$$

Rezolvarea acestui model se face grafic cu datele din tabelul 115 și rezultă soluția din diagrama figurii 55.

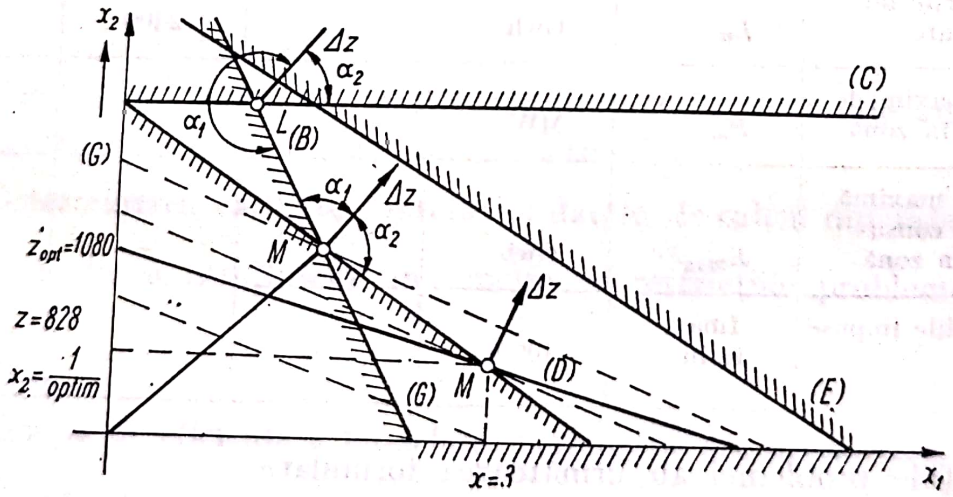


Fig. 55

Soluțiile posibile pentru variabilele x_1 și x_2 sînt în interiorul zonelor haşurate din reprezentarea grafică. Sensul de creștere al funcției de eficiență este dat de gradientul acesteia (ΔZ). Deci soluția găsită recomandă construirea a trei centrale termoelectrice și a unei centrale hidroelectrice.

$$Z_t = 234 \cdot 3 + 378 \cdot 1 = 702 + 378 = 1080 \text{ u.v.}$$

* Acest model se pretează la o rezolvare grafică relativ simplă cînd numărul variabilelor este mai mic sau egal cu trei.

Scanned with OKEN Scanner

c) În vederea analizării variantei obținute se fac următoarele considerații:

— Dacă nu se impune un plafon minim pentru investiții atunci optimul are coordonatele $x_1 = 3{,}5$ și $x_2 = 0$. Urmează ca în sistem să se pună în funcțiune fie, două centrale termoelectrice de 200 MW și una de 100 MW fie, patru centrale termoelectrice de 200 MW. Ultima variantă rezultă mai economicoasă decît cea obținută prin respectarea valorii minime a investițiilor (restricția D). Dacă se urmărește obținerea variantelor optime sub forma unor numere întregi de centrale atunci la rezolvarea modelelor matematice se utilizează algoritmul Gromory.

— Cînd puterea la vîrful sistemului crește atunci dreapta (A) se deplasează paralel cu ea însuși spre valori mai mari a variabilelor (x_1, x_2) ceea ce implică realizarea unui număr mai mare de centrale termoelectrice și un număr mai mic de centrale hidroelectrice.

— Dacă energia cerută în sistem crește atunci dreapta (B) se deplasează paralel cu ea însăși spre valori (x_1, x_2) mai mari ca cele găsite inițial.

Varianta optimă nu se modifică decît în momentul în care se depășește nivelul $E = 600 \cdot 10^3$ MWh.

— Dacă se studiază problema ținîndu-se seama și de transportul energiei atunci trebuie avut în vedere următoarele valori ale puterilor economice pentru diverse tensiuni și anume:

$$P_{ec}^{110\,kV} = (20 \div 80)\ \text{MW pentru } (1 \div 3 \text{ circuite});$$

$$P_{ec}^{220\,kV} = (80 \div 300)\ \text{MW pentru } (1 \div 2) \text{ circuite};$$

$$P_{ec}^{400\,kV} = (250 \div 800)\ \text{MW pentru } (1 \div 2) \text{ circuite};$$

$$P_{ec}^{750\,kV} = (1200 \div 1800)\ \text{MW pentru } (1 \div 2) \text{ circuite}.$$

Pentru tensiunile de (400—750) kV se poate accepta și un singur circuit supraîncărcat 25%.

Problema 90

Alegerea schemelor optime pentru transportul energiei de la sursă la consumator, pe baza analizei configurația optimă a rețelei de transport (A) și a structurii optimale a stațiilor de transformare (B).

A) Structura inițială a sistemului energetic din care se alimentează consumatorii $(A; B; C)$ se poate urmări în figura 56.

Puterile consumatorilor $(A; B; C)$ și cele pe care trebuie să le asigure centralele pe un orizont de prognoză de 10 ani se pot urmări în tabelul 116. Puterile la centralele electrice s-au stabilit mărindu-se puterile consumatorilor cu 25% din care 10% pentru acoperirea pierderilor iar 15% pentru asigurarea puterii de rezervă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 116

Anul	Puterea consumatorilor			Puterea totală	
	A	*B*	*C*	*Pc*	*Pg*
1	30	50	150	230	287,5
2	30,6	51,5	165	247,1	308,87
3	31,21	53,04	181,5	265,75	332,18
4	31,83	54,63	199,65	286,11	357,63
5	32,47	56,27	219,61	308,35	385,43
6	33,12	57,96	241,57	332,65	415,82
7	33,78	59,7	265,73	359,21	449,01
8	34,46	61,5	292,31	388,27	485,33
9	35,15	63,34	321,54	420,03	525,04
10	35,85	65,24	353,7	454,79	568,48

Se cere:

1) Analiza modului de acoperire a consumului de energie cu puterea existentă în schema figurii 56 şi prevederea unei puteri suplimentare astfel ca să se acopere cererea prognozată.

2) Determinarea cheltuielilor totale anuale pentru stările caracteristice de trecere a sistemului dintr-o fază în alta.

3) Stabilirea variantei optime pe baza funcţionalei de tip Bellman.

1) Analizînd creşterea consumului de energie se constată următoarele:

— Schema din figura 56 satisface alimentarea consumatorilor pînă în anul al şaselea.

— Pentru a satisface cererea de energie a consumatorului (C) între anii 6—8 trebuie să se instaleze o putere suplimentară de 100 MW în centrala din *B* şi să se dubleze linia electrică de transport a energiei la 220 kV între B şi C.

Scanned with OKEN Scanner

— Acoperirea consumului de energie între anii (8—10) se poate face montîndu-se încă un grup în centrala A și dublarea celei de-a doua linie electrică de 220 kV între A și C. O altă variantă pentru satisfacerea consumatorului din C reclamă construirea unei centrale noi de 100 MW în punctul C.

Schema completă se poate urmări pe figura 57.

Stările prin care trece sistemul considerat sînt următoarele:

1) Schema figurii 56. 2) Schema figurii 56 + generatorul din punctul (*B*) și dublarea liniei *BC*. 3) Schema figurii 56 generator *B* și dublarea liniei *BC* plus generator în C. 4) Schema figurii 56 cu generator în B și linie dublă BC plus generator în *A* și *C* inclusiv dublarea liniei *AC*.

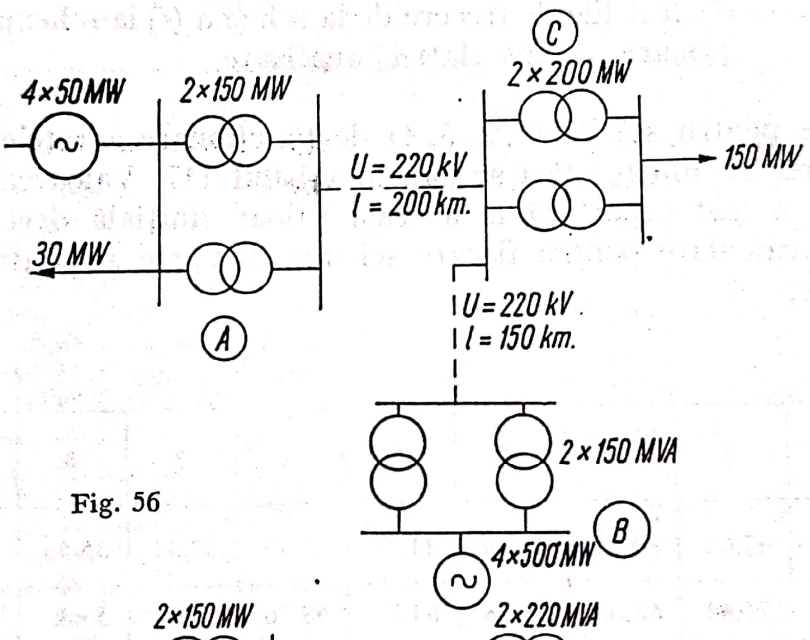


Fig. 56

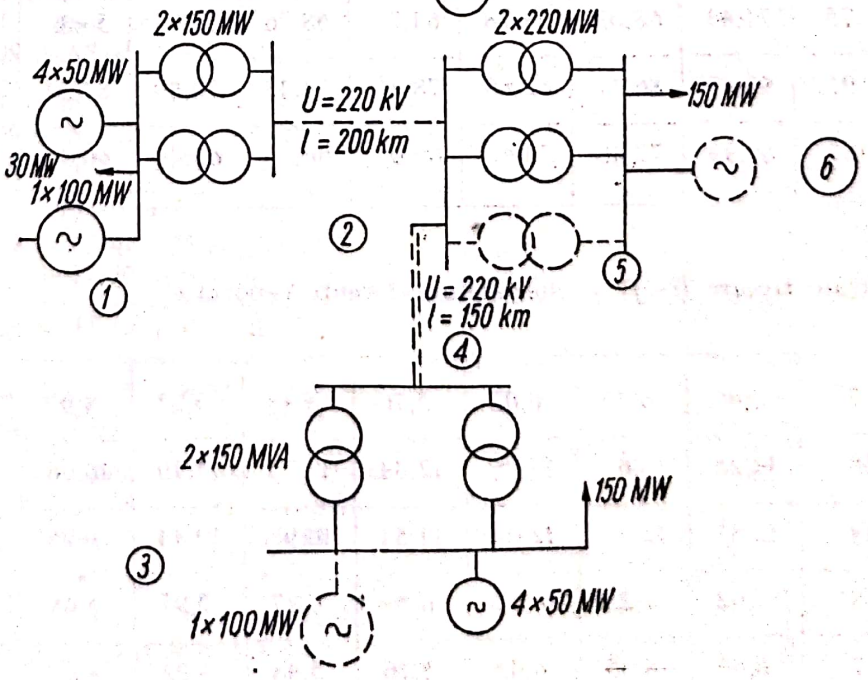


Fig. 57

2) Funcția de eficiență a modelului matematic pentru cheltuielile totale actualizate în maniera Bellman se scrie astfel:

$$\text{funcționare } i \quad \text{funcționare } j \quad \text{trecere}$$

$$Znj = (Z_{n-1\,i} + Z_{nj} + Z_{n\,i-j}) = \text{minim}$$

în care:

Znj = cheltuielile totale de funcționare a instalației pînă în anul (n) considerînd că în ultimul an s-a funcționat cu schema (j).

$Z_{n-1,\,i}$ = cheltuielile totale realizate în exploatarea instalațiilor pînă în anul $(n-1)$ considerîndu-se că se funcționează cu schema (i) de la care se efectuează trecerea spre schema (j)

$Z_{n\,i-j}$ = cheltuielile de trecere de la schema (i) la schema (j) de funcționare a instalației analizate.

Cheltuielile pentru stările (1, 2, 3, 4) de funcționare a rețelei electrice și costurile de trecere dintre stări se dau în tabelul 117. Valoarea cheltuielilor de exploatare a fost raportată la aceeași valoare inițială deci corect ar fi trebuit să fie calculate pentru fiecare schemă în parte și pentru fiecare an de funcționare.

Tabelul 117

Anul / Starea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50	47,61	45,35	43,19	41,13	39,17	37,31	35,53	33,84	32,23
2	75	71,43	68,03	64,78	61,7	58,76	55,96	53,3	50,76	48,34
3	95	90,47	86,17	82,06	78,16	74,43	70,89	67,51	64,3	61,24
4	85	80,95	77,09	73,42	69,92	66,6	63,43	60,4	57,53	54,79
Stările de trecere $(i-j)$ și cheltuielile aferente raportate										
1—2	7	6,66	6,35	6,05	5,76	5,48	5,22	4,97	4,74	4,51
1—3	15	14,28	13,6	12,96	12,34	11,75	11,19	10,66	10,15	9,67
1—4	14	13,33	12,7	12,09	11,51	10,97	10,44	9,95	9,47	9,02
2—3	8	7,62	7,25	6,91	6,58	6,27	5,97	5,68	5,41	5,15
2—4	7	6,66	6,35	6,05	5,76	5,48	5,22	4,97	4,74	4,51

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile de funcționare ale sistemului în anul (n) și starea (j) se dau în tabelul 118.

Tabelul 118

Anii	Cheltuielile Z_{nj}	Stările	
		spre care se trece (j)	de la care se trece (i)
0	1	2	3
0—1	50	1	1
	75	2 2	1 2
	95	3 3	2 2
	85	4 4 4	1 2 4
1—2	50 + 47,61 + 0 = 97,61 50 + 71,43 + 6,66 = 128,09 75 + 71,43 + 0 = 146,43	1 2 2	1 1 2
	50 + 90,47 + 14,28 = 154,75 75 + 90,47 + 7,62 = 173,09 95 + 90,47 + 0 = 185,47	3 2 3	1 2 3
	50 + 80,95 + 13,33 = 144,28 75 + 80,95 + 6,66 = 162,61 85 + 80,95 + 0 = 165,95	4 4 4	1 2 3
	97,61 + 45,35 + 0 = 142,96 97,61 + 68,03 + 6,35 = 171,99 128,09 + 68,03 + 0 = 196,12	1 2 2	1 1 2
2—3	97,61 + 86,17 + 13,6 = 197,38 128,09 + 86,17 + 7,25 = 221,51 154,75 + 86,17 + 0 = 240,92	3 3 3	1 2 3
	97,61 + 77 + 12,7 = 187,4 128,09 + 77 + 6,35 = 211,53 144,28 + 77,09 + 0 = 221,37	4 4 4	1 2 3
3—4	142,96 + 43,19 + 0 = 186,15	1	1
	142,96 + 64,78 + 6,05 = 213,79 171,99 + 64,78 + 0 = 236,77	2 2	1 2
	142,96 + 82,06 + 12,96 = 237,98 171,99 + 82,06 + 6,91 = 260,96 197,38 + 82,06 + 0 = 279,44	3 3 3	1 2 3
	142,96 + 73,42 + 12,09 = 228,47 171,99 + 73,42 + 6,05 = 251,46 187,4 + 73,42 + 0 = 260,82	4 4 4	1 2 3

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 118 (continuare)

0	1	2	3
4–5	186,15 + 41,13 + 0 = 227,28	1	1
	18,15 + 61,7 + 5,76 = 253,61	2	1
	213,79 + 61,7 + 0 = 275,49	2	2
	186,15 + 78,16 + 12,34 = 276,65	3	1
	213,79 + 78,16 + 6,58 = 298,53	3	2
	237,98 + 78,16 + 0 = 316,14	3	3
	186,15 + 69,92 + 11,51 = 267,58	4	1
	213,79 + 69,92 + 5,76 = 289,47	4	2
	228,47 + 69,92 + 0 = 298,39	4	3
5–6	–	1	1
	237,28 + 58,76 + 5,48 = 219,52	2	1
	253,61 + 58,76 + 0 = 312,37	2	2
	227,28 + 74,13 + 11,75 = 313,46	3	1
	253,61 + 74,13 + 6,27 = 334,31	3	2
	276,65 + 74,13 + 0 = 351,08	3	3
	227,78 + 66,6 + 10,97 = 305,35	4	1
	253,61 + 66,6 + 5,48 = 325,69	4	2
	267,58 + 66,6 + 0 = 334,18	4	3
6–7	–	1	1
	291 + 55,96 + 0 = 347,48	2	1
		2	2
	291 + 70,89 + 5,97 = 368,38	3	1
		3	2
	313 + 70,89 + 0 = 384,45	3	3
	–	4	1
	291,52 + 63,43 + 5,22 = 360,17	4	2
	305,35 + 63,43 + 0 = 368,78	4	3
7–8	347,48 + 53,30 + 0 = 400,78	2	2
	347,48 + 67,51 + 5,58 = 420,67	3	2
	368,38 + 67,51 + 0 = 435,89	3	3
	347,48 + 60,4 + 4,97 = 412,85	4	2
	360,17 + 60,4 + 0 = 420,57	4	4
8–9	400,78 + 64,3 + 5,41 = 470,49	3	2
	420,67 + 64,3 + 0 = 484,97	3	3
	400,78 + 57,73 + 4,74 = 463,05	4	2
	412,85 + 57,73 + 0 = 470,53	4	4
9–10	470,49 + 61,24 + 0 = 531,73	3	3
	463,05 + 54,79 + 0 = 517,84	4	4

Scanned with OKEN Scanner

Exemplificarea modului de stabilire a cheltuielilor totale pentru anul (n) și starea (j) se poate urmări în calculația ce urmează:

— $Z_{t_{10}}^{(11)} = 50$; $Z_{t_{10}}^{(22)} = 75$ $Z_{t_{10}}^{(33)} = 95$; $Z_{t_{10}}^{(44)} = 85$;

— $Z_{nj} = \min\ (Z_{n-1i}^{f} + Z_{nj}^{f} + Z_{ni-j}^{t})$.

$n = 2 \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad i = 1,2, 3, 4$

Starea întîi de funcționare

$Z_{t_{21}} = \min\ (50 + 47,61 + 0) = 97,61$ u.v.;

Starea a doua de funcționare

$Z_{t_{22}} = \min\ [(50 + 71,43 + 6,66); (75 + 71,43 + 0)] = 128,09$ u.v.;

Starea a treia de funcționare

$Z_{t_{23}} = \min\ [(50 + 90,47 + 14,28); (75 + 90,47 + 7,62); (95 + 90,47 + 0)] = 154,75$ u.v.;

Starea a patra de funcționare

$Z_{t_{24}} = \min\ [(50 + 80,95 + 13,33); (75 + 80,95 + 6,66); (85 + 80,95 + 0)] = 144,28$ u.v.

$n = 3 \quad j = (1 — 4) \quad i = (1 — 4)$

$Z_{t_{31}} = \min\ (97,61 + 45,35 + 0) = 142,96$ u.v. starea 1;

$Z_{t_{32}} = \min\ (97,61 + 68,03 + 6,35); (128,09 + 68,03 + 0) = 171,99$ u.v. starea 2;

$Z_{t_{33}} = \min\ (97,61 + 86,17 + 13,16); (128,09 + 86,17 + 7,25); (154,75 + 86,17 + 0) = 197,38$ u.v. starea 3;

$Z_{t_{34}} = \min\ (97,61 + 77 + 12,7); (128,09 + 77 + 6,35); (144,28 + 77,09 + 0) = 187,44$ u.v. starea 4.

Valorile minime ale cheltuielilor pentru celelalte stări analizate

$n = 4$ $Z_{41} = 186,15$ u.v. starea 1; $Z_{42} = 213,79$ u.v. starea 2; $Z_{43} = 237,98$ u.v. starea 3; $Z_{44} = 228,47$ u.v. starea 4;

$n = 5$ $Z_{51} = 227,28$ u.v. starea 1; $Z_{52} = 253,61$ u.v. starea 2; $Z_{53} = 276,65$ u.v. starea 3; $Z_{54} = 267,58$ u.v. starea 4;

$n = 6$ $Z_{62} = 219,52$ u.v. starea 2; $Z_{63} = 313,46$ u.v. starea 3; $Z_{64} = 305,35$ u.v. starea 4;

$n = 7$ $Z_{72} = 347,48$ u.v. starea 2; $Z_{73} = 368,38$ u.v. starea 3; $Z_{74} = 360,17$ u.v. starea 4;

$n = 8$ $Z_{83} = 470,49$ u.v. starea 3; $Z_{84} = 463,05$ u.v. starea 4;

$n = 9$ $Z_{93} = 531,73$ u.v. starea 3; $Z_{93} = 531,73$ u.v. starea 3;

$n = 10$ $Z_{10.3} = 531,73$ u.v. starea 3; $Z_{10.4} = 517,84$ u.v. starea 4.

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile minime se realizează în cursul anului al zecelea dacă se funcționează cu schema din figura 57 ce caracterizează starea a patra prin care trece sistemul energetic.

B. Structura optimală a stațiilor de transformare de putere oarecare.

Funcția de eficiență a modelului matematic se scrie sub forma:

$$Z_{nj} = \min_{i}[Z_{n-1\,i} + Z_{nj} + Z_{n-1,\,n(i-j)}],$$

în care:

$Z_{n-1,\,i}$ = cheltuielile de funcționare a stației pînă în anul $(n-1)$ cu transformatoare de tipul (i)

Z_{nj} = cheltuielile de funcționare a stației în anul (n) cu transformatoare de tipul (j)

$Z_{n-1,\,n(i-j)}$ = cheltuielile de înlocuire a stației de tipul (i) cu stație de tipul (j) la trecerea din anul $(n-1)$ în anul (n).

Puterile de vîrf pe o perioadă de funcționare egală cu 20 ani se pot urmări în tabelul 119

Tabelul 119

Anul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Puterea MVA	30	32,1	34,37	36,75	39,32	42,07	45,02	48,17	51,54	55,15
Anul	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Puterea MVA	59,01	63,14	67,56	72,29	77,35	82,77	88,56	94,76	10139	108,49

Caracteristicile transformatoarelor din cadrul variantelor care se compară se dau în tabelul 120

Tabelul 120

Tipul transformatorului	A	B	C	D	E
SP (MVA)	30	45	60	75	90
1,38 S (MVA)	39	58,5	78	97,5	117
în primul an de funcționare Z_{trafe} (u v)	12	14	16	18	20

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile totale actualizate ocazionate de exploatarea stațiilor de tipul (A — E) pe o durată de 20 ani se dau în tabelele 121 *a*, *b*.

Tabelul 121, a

Anii		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cheltuieli de exploatare Z_j	A	12	11,32	10,67	10,07	9,5	8,96	8,46	7,98	7,52	7,10
	B	14	13,2	12,45	11,75	11,09	10,46	9,86	9,31	8,78	8,28
	C	16	15,09	14,24	13,43	12,67	11,95	11,28	10,64	10,04	9,47
	D	18	16,98	16,02	15,11	14,26	13,45	12,69	11,97	11,28	10,65
Z_{nj}	E	20	18,86	17,8	16,79	15,84	14,94	14,1	13,3	12,54	11,84
Cheltuieli de înlocuire Z_{is}		10	9,4	8,9	8,4	7,90	7,47	7,00	6,6	6,2	5,9

Tabelul 121, b

Anii		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cheltuielile	A	6,7	6,32	5,96	5,62	5,3	5	4,72	4,45	4,2	3,96
Z_{nj}	B	7,81	7,37	6,95	6,56	6,19	5,84	5,51	5,19	4,9	4,62
	C	8,93	8,43	7,95	7,51	7,07	6,67	6,30	5,94	5,06	5,28
	D	10,05	9,48	8,94	8,44	7,96	7,51	7,08	6,68	6,3	5,95
	E	11,16	10,53	9,94	9,37	8,84	8,34	7,87	7,42	7	6,61
Z_{is}		5,5	5,2	4,9	4,6	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5	3,5

Analizînd acoperirea consumului de energie la sfîrșitul anului al optulea pe baza cheltuielilor totale ocazionate de exploatarea stațiilor rezultă:

$$Z_B^{(8)} = 92{,}12 \text{ uv} < Z_O^{(8)} = 99 \text{ uv} < Z_D^{(8)} = 101{,}78 \text{ uv} < Z_E^D.$$

$$Z_E^{(8)} = 103{,}11 \text{ u.v.}$$

Deci varianta (B) se preferă cu toate că la vîrf în anul al optulea transformatoarele vor lucra supraîncărcat 0,7%. Succesiunea optimă de instalare a transformatoarelor de tipul (B; C; D) este următoarea: la sfîrșitul anului al zecelea se lucrează cu o structură de tip B; tipul C de transformator se regăsește în schemă în cursul anului al cincisprezecelea iar transformatorul de tip E se introduce în schemă la nivelul anului al douăzecilea.

Scanned with OKEN Scanner

Aceste exemple care arată modul în care se poate aplica funcționala de tip Bellman la stabilirea structurii stațiilor de transformatoare pot fi lărgite pe baza utilizării cercetării operaționale în fiecare domeniu de specialitate tehnologică.

Problema 91

Se consideră un centru de rețele electrice care desfășoară o activitate de reaprovizionare a stocului de intervenție de izolatori pentru linii electrice aeriene de 20 kV. Cheltuielile de gestiune ale centrului se referă la:

— costul imobilizării izolatorilor în stoc: $C_1 = 0{,}25$ lei/buc;

— costul energiei nelivrate din cauza prelungirii duratei de remediere a avariei în caz de lipsă a izolatorilor în stoc: $C_2 = 36$ lei/buc.

Consumul de izolatori din stocul de intervenție cu probabilitățile corespunzătoare sînt date în tabelul 122.

Tabelul 122

Număr izolatori consumați	Probabilitatea de consum ∅ (ui)			
	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV
0	0,40	0,00	0,05	0,30
1	0,25	0,10	0,15	0,25
2	0,20	0,20	0,15	0,20
3	0,15	0,35	0,30	0,15
4	0,00	0,20	0,25	0,10
5	—	0,10	0,10	—
6	—	0,05	0,00	—

Se consideră stocul maxim admis: $S_1 = S_4 = 4$ izolatori; $S_2 = S_3 = 6$ izolatori.

Se cere:

1. Modelul matematic al programării dinamice aplicată la stocuri.
2. Stabilirea speranței matematice a costului pe cele 4 trimestre ale anului.
3. Stabilirea strategiei optime pe care trebuie să o aplice șeful centrului de rețele electrice în ceea ce privește reaprovizionarea stocului de intervenție de izolatori.

Rezolvare

1. Introducem următoarele notații:

s_i = stocul la sfîrșitul trimestrului i—1 (înainte de reaprovizionare);
σ_i = stocul la începutul trimestrului i (după reaprovizionarea a_i);
$a_i = \sigma_i - s_i$ = reaprovizionarea la începutul trimestrului i;
u_i = cererea aleatorie în cursul trimestrului i.

Scanned with OKEN Scanner

În cursul unui trimestru pot exista 2 situații (fig. 57, *a*) și anume:

Costul mediu pe trimestrul i: $C_i = c_1\left(\sigma_i - \frac{u_i}{2}\right)$;

Costul mediu pe trimestrul i: $C_i = \frac{1}{2} c_1 \frac{\sigma_i^2}{u^i} + c_2(u_i - \sigma_i)$;

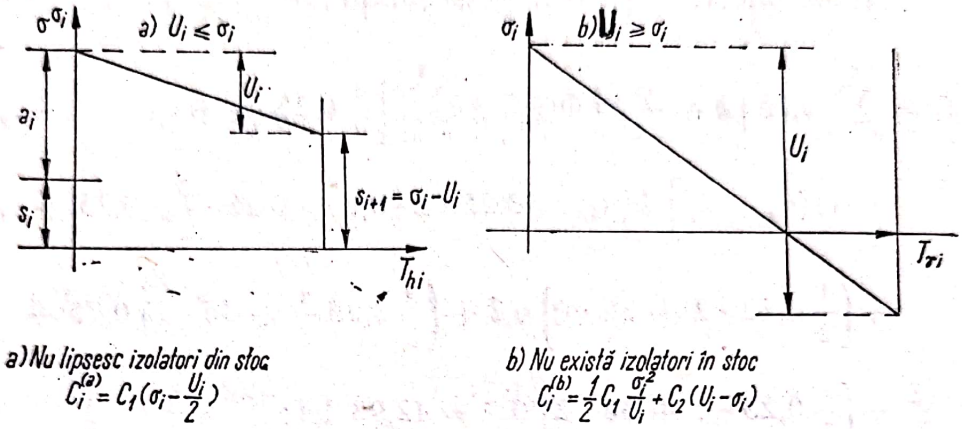


Fig. 57, *a*

(Observație: S-a făcut aproximația că repartiția consumului în cursul unui trimestru este uniformă.)
Intervin următoarele restricții:

$$s_i \leqslant \sigma_i \leqslant S_i; \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Speranța matematică a costului pentru trimestrul i:

$$Z(\sigma_i) = \sum_{u_i=0}^{\sigma_i - 1} c_1\left(\sigma_i - \frac{u_i}{2}\right) \Phi(u_i) + \sum_{u_i=\sigma_i}^{S_i} \left[\frac{1}{2} C_1 \frac{\sigma_i^2}{u_i} + c_2(u_i - \sigma_i)\right] \Phi(u_i) \quad \text{[lei]}.$$

Funcția economică obiectiv: costul minim pe trimestrul i

$$f_i(s_i) = \min_{s_i \leqslant \sigma_i \leqslant S_i} z_i(\sigma_i)$$

Fiind un fenomen aleatoriu optimizarea trebuie să meargă în sens invers timpului : se începe cu trimestrul IV.

2. Costul minim pe trimestrul IV;

$$f_4(S_4) = \min_{s_4 \leqslant \sigma_4 \leqslant 4} z_4(\sigma_4)$$

$$z_4(0) = \sum_{u_4=0}^{4} 36\, u_4\, \Phi(u_4) = 36(1 \cdot 0{,}25 + 2 \cdot 0{,}2 + 3 \cdot 0{,}15 + 4 \cdot 0{,}1) = 54 \text{ lei};$$

Scanned with OKEN Scanner

$$z_4(1) = 0{,}25 \cdot 0{,}30 + \sum_{u_4=1}^{4} \left[\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{\sigma_4^2}{u_4} + 36(u_4 - \sigma_4)\right](u_4) = 0{,}25 \cdot 0{,}3 +$$

$$+ \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{1} + 36.0\right) 0{,}25 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{2} + 36 \cdot 1\right) 0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{3} +$$

$$+ 36 \cdot 2\right) 0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{4} + 36{,}3\right) 0{,}1 = 28{,}93 \text{ lei};$$

$$Z_4(2) = \sum_{u_4=0}^{2} 0{,}25 \left(2 - \frac{\sigma u_4}{2}\right) \Phi(u_4) + \sum_{u_4=2}^{4} \left[\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{4}{u_4} +\right.$$

$$\left. + 36(u_4 - 2)\right] \Phi(u_4) = 0{,}25 \cdot 2 \cdot 0{,}3 + 0{,}25 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}25 +$$

$$+ \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25 \cdot 2 + 36 \cdot 0\right) 0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{4}{3} + 36 \cdot 1\right) 0{,}15 +$$

$$+ \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25 \cdot 1 + 36 \cdot 2\right) 0{,}1 = 12{,}93 \text{ lei};$$

$$Z_4(3) = \sum_{u_4=0}^{3} 0{,}25 \left(3 - \frac{u_4}{2}\right) \Phi(u_4) + \sum_{u_4=3}^{4} \left[\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{9}{u_4} +\right.$$

$$\left. + 36(u_4 - 3)\right] \Phi(u_4) = 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0{,}3 + 0{,}25 \cdot \frac{5}{2}\, 0{,}25 \cdot 2 \cdot 0{,}2 +$$

$$+ \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25 \cdot 3 + 36 \cdot 0\right) 0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{9}{4} + 36 \cdot 1\right) 0{,}1 = 4{,}16 \text{ lei};$$

$$Z_4(4) = \sum_{u_4=0}^{3} 0{,}25 \left(4 - \frac{u_4}{2}\right) \Phi(u_4) + \sum_{u_4=4}^{4} \left[\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{16}{u_4} +\right.$$

$$\left. + 36(u_4 - 4)\right] \Phi(u_4) = 0{,}25 \cdot 4 \cdot 0{,}3 + 0{,}25 \cdot \frac{7}{2}\, 0{,}25 +$$

$$+ 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0{,}2 + 0{,}25 \cdot \frac{5}{2}\, 0{,}15 + \frac{1}{2}\, 0{,}25 \cdot 4 \cdot 0{,}1 = 0{,}81 \text{ lei};$$

$$f_4(0) = \min_{0 \leqslant \sigma_4 \leqslant 4} z_4(\sigma_4) = z_4(4) = 0{,}81 \text{ lei cu } \sigma_4 = 4;$$

$$f_4(1) = \min_{1 \leqslant \sigma_4 \leqslant 4} z_4(\sigma_4) = z_4(4) = 0{,}81 \text{ lei cu } \sigma_4 = 4;$$

$$f_4(2) = \min_{2 \leqslant \sigma_4 \leqslant 4} z_4(\sigma_4) = z_4(4) = 0{,}81 \text{ lei cu } \sigma_4 = 4;$$

$$f_4(3) = \min_{3 \leqslant \sigma_4 \leqslant 4} z_4(\sigma_4) = z_4(4) = 0{,}81 \text{ lei cu } \sigma_4 = 4;$$

$$f_4(4) = z_4(\sigma_4) = z_4(4) = 0{,}81 \text{ lei cu } \sigma_4 = 4;$$

Scanned with OKEN Scanner

Notînd cu $V_4(\sigma_3)$ speranța matematică a costului pentru trimestrul IV ținînd seama de toate valorile posibile ale lui s_4 care depind de σ_3, se scrie:

$$\begin{cases} s_4 = \sigma_3 - u_3 & \text{pt. } u_3 < \sigma_3: \\ s_4 = 0 & \text{pt. } u_3 \geqslant \sigma_3; \end{cases}$$

$$V_4(\sigma_3 = 0) = f_4(0) \sum_{u_3=0}^{6} \Phi(u_3) = 0{,}81;$$

$$V_4(\sigma_3 = 1) = f_4(1)\, \Phi(u_3 = 0) + f_4(0) \sum_{u_3=1}^{6} \Phi(u_3) = 0{,}81 \text{ lei};$$

$$V_4(\sigma_3 = 2) = f_4(2)\, \Phi(u_3 = 0) + f_4(1)\, \Phi(u_3 = 1) +$$

$$+ f_4(0) \sum_{u_3=2}^{6} \Phi(u_3) = 0{,}81 \text{ lei};$$

$$V_4(\sigma_3 = 3) = f_4(3)\, \Phi(u_3 = 0) + f_4(2)\, \Phi(u_3 = 1) + f_4(1)\, \Phi(u_3 = 2) +$$

$$+ f_4(0) \sum_{u_3=4}^{6} \Phi(u_3) = 0{,}81 \text{ lei};$$

$$V_4(\sigma_4 = 4) = f_4(4)\, \Phi(u_3 = 0) + f_4(3)\, \Phi(u_3 = 1) + f_4(2)\, \Phi(u_3 = 2) +$$

$$+ f_4(1)\, \Phi(u_3 = 3) + f_4(0) \sum_{u_3=3}^{6} \Phi(u_3) = 0{,}81 \text{ lei.}$$

Trimestrele IV și III împreună

$$f_{43}(s_3) = \min_{3 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} [z_3(\sigma_3) + V_4(\sigma_3)];$$

$$z_3(0) = \sum_{u_3=0}^{6} 36 u_z \Phi(u_3) = 36(1 \cdot 0{,}15 + 2 \cdot 0{,}15 + 3 \cdot 0{,}3 + 4 \cdot 0{,}25 +$$

$$+ 5 \cdot 0{,}1 + 6 \cdot 0) = 102{,}7 \text{ lei};$$

$$z_3(1) = 0{,}25 \cdot 0{,}05 + \sum_{u_3=1}^{6} \left[\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{u_3} + 36(u_3 - 1)\right] \Phi(u_3) =$$

$$= 0{,}25 \cdot 0{,}05 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25 + 36 \cdot 0\right) 0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{2} + 36 \cdot 1\right) 0{,}15 +$$

$$+ \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{3} + 36 \cdot 2\right) 0{,}3 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{4} + 36 \cdot 3\right) 0{,}25 +$$

$$+ \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{5} + 36 \cdot 4\right) 0{,}1 + \left(\frac{1}{2}\, 0{,}25\, \frac{1}{6} + 36 \cdot 5\right) 0 = 68{,}44 \text{ lei.}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$z_3(2) = \sum_{u_3=0}^{1} 0{,}25\left(2-\frac{u_3}{2}\right)\Phi(u_3) + \sum_{u_3=2}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{u_3} + 36(u_3-2)\right]\Phi(u_3) =$$

$$= 0{,}25\cdot 2\cdot 0{,}05 + 0{,}25 + 0{,}25\cdot\frac{3}{2}\,0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\cdot 2 + 36\cdot 0\right)0{,}15 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{3} + 36\right)0{,}3 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\cdot 1 + 36\cdot 2\right)0{,}25 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{5} + 36\cdot 3\right)0{,}1 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{6} + 36\cdot 4\right)0 = 39{,}79 \text{ lei};$$

$$z_3(3) = \sum_{u_3=0}^{2} 0{,}25\left(3-\frac{u_3}{2}\right)\Phi(u_3) + \sum_{u_3=3}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25 + \frac{9}{u_3} +\right.$$

$$\left.+\,36(u_3-3)\right]\Phi(u_3) = 0{,}25\cdot 3\cdot 0{,}05 + 0{,}25\cdot\frac{5}{2}\cdot 0{,}15 +$$

$$+\,0{,}25\cdot 2\cdot 0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\cdot 3 + 36\cdot 0\right)0{,}3 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\cdot\frac{9}{4} + 36\right)0{,}25 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\cdot\frac{9}{5} + 36\cdot 2\right)0{,}1 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{6} + 36\cdot 3\right)0 = 16{,}60 \text{ lei};$$

$$z_3(4) = \sum_{u_3=0}^{3} 0{,}25\left(4-\frac{u_3}{2}\right)\Phi(u_3) + \sum_{u_3=4}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{u_3} + 36(u_3-4)\right]\Phi(u_3) =$$

$$= 0{,}25\cdot 4\cdot 0{,}05 + 0{,}25\cdot\frac{7}{2}\cdot 0{,}15 + 0{,}25\cdot 3\cdot 0{,}15 + 0{,}25\cdot\frac{5}{2}\cdot 0{,}3 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{4} + 36\cdot 0\right)0{,}25 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{5} + 36\right)0{,}1 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{6} + 36\cdot 2\right)0 = 4{,}24 \text{ lei};$$

$$z_3(5) = \sum_{u_3=0}^{4} 0{,}25\left(5-\frac{u_3}{2}\right)\Phi(u_3) + \sum_{u_3=5}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{25}{u_3} + 36(u_3-5)\right]\Phi(z_3) =$$

$$= 0{,}25\cdot 5\cdot 0{,}05 + 0{,}25\cdot\frac{9}{2}\cdot 0{,}15 + 0{,}25\cdot 4\cdot 0{,}15 + 0{,}25\,\frac{7}{2}\,0{,}3 +$$

$$+\,0{,}25\cdot 3\cdot 0{,}25 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{25}{5} + 36\cdot 0\right)0{,}1 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{25}{6} + 36\right)0 = 0{,}89 \text{ lei};$$

$$z_3(6) = \sum_{u_3=0}^{5} 0{,}25\left(6-\frac{u_3}{2}\right)\Phi(u_3) + \left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{36}{u_3} + 36(u_3-6)\right]\Phi(u_3) =$$

$$= 0{,}25\cdot 6\cdot 0{,}05 + 0{,}25\cdot\frac{11}{2}\,0{,}15 + 0{,}25\cdot 5\cdot 0{,}15 + 0{,}25\cdot\frac{9}{2}\,0{,}3 +$$

$$+\,0{,}25\cdot 4\cdot 0{,}25 + 0{,}25\cdot\frac{7}{2}\cdot 0{,}1 + \frac{1}{2}\,0{,}25\cdot 6\cdot 0 = 1{,}14 \text{ lei};$$

Scanned with OKEN Scanner

$$k_3 = z_3(\sigma_3) + V_4(\sigma_3)$$

$k_3(0) = z_3(0) + V_4(0) = 102{,}7 + 0{,}81 = 103{,}51$ lei;

$k_3(1) = (68{,}44 + 0{,}81) = 69{,}25$ lei;

$k_3(2) = 39{,}79 + 0{,}81 = 40{,}60$ lei;

$k_3(3) = 16{,}60 + 0{,}81 = 17{,}41$ lei;

$k_3(4) = 4{,}24 + 0{,}81 = 5{,}05$ lei;

Deoarece la sfîrșitul trimestrului III în caz de stoc mai mare de 4 izolatcri, se restituie surplusul, costul pentru stocuri $\sigma_3 > 4$ se însumează cu $V_4(4)$

$k_3(5) = z_3(5) + V_4(4) = 0{,}89 + 0{,}81 = 1{,}70$ lei;

$k_3(6) = 1{,}14 + 0{,}81 = 1{,}95$ lei;

$f_{43}(0) = \min\limits_{0 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} k_3(\sigma_3) = 1{,}70$ lei cu $\sigma_3 = 5$;

$f_{43}(1) = \min\limits_{1 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} k_3(\sigma_3) = 1{,}70$ lei cu $\sigma_3 = 5$;

$f_{43}(2) = \min\limits_{2 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} k_3(\sigma_3) = 1{,}70$ lei cu $\sigma_3 = 5$;

$f_{43}(3) = \min\limits_{3 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} k_3(\sigma_3) = 1{,}70$ lei cu $\sigma_3 = 5$;

$f_{43}(4) = \min\limits_{4 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} k_3(\sigma_3) = 1{,}70$ lei cu $\sigma_3 = 5$;

$f_{43}(5) = \min\limits_{5 \leqslant \sigma_3 \leqslant 6} k_3(\sigma_3) = 1{,}70$ lei cu $\sigma_3 = 5$;

$f_{43}(6) = k_3(6) = 1{,}95$ cu $\sigma_3 = 6$;

Speranța matematică a costului pe trimestrele 3 și 4 împreună ținînd seama de toate valorile posibile ale lui s_3 care depind de σ_2 se determină prin relațiile

$$\begin{cases} s_3 = \sigma_2 - u_2 & \text{pt. } u_2 < \sigma_2 \\ s_3 = 0 & \text{pt. } u_3 \geqslant \sigma_2 \end{cases}$$

$$V_{43}(\sigma_2 = 0) = V_{43}(\sigma_2 = 1) = V_{43}(\sigma_2 = 2) = V_{43}(\sigma_2 = 3) =$$
$$= V_{43}(\sigma_2 = 4) = V_{43}(\sigma_2 = 5) = V_{43}(\sigma_2 = 6) = 1{,}70 \text{ lei.}$$

Trimestrele IV, III și II împreună

$$f_{432}(s_2) = \min_{s_2 \leqslant \sigma_2 \leqslant 6} [z_2(\sigma_2) + V_{43}(\sigma_2)] = \min_{s_2 \leqslant \sigma_2 \leqslant 6} k_2(\sigma_2)$$

cu $k_2(\sigma_2) = z_2(\sigma_2) + V_{43}(\sigma_2)$

Scanned with OKEN Scanner

$$z_2(0) = \sum_{u_2=0}^{6} 36u_2\Phi(u_2) = 36(1 \cdot 0{,}1 + 2 \cdot 0{,}2 + 3 \cdot 0{,}35 + 4 \cdot 0{,}2 +$$
$$+ 5 \cdot 0{,}1 + 6 \cdot 0{,}05) = 113{,}30 \text{ lei};$$

$$z_2(1) = 0{,}25 \cdot 0 + \sum_{u_2=1}^{6} \left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{u_2} + 36(u_2 - 1)\right]\Phi(u_2) = \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 + 36 \cdot 0\right)0{,}1 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2} \cdot 0{,}25\,\frac{1}{2} + 36\right)0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{3} + 36 \cdot 2\right)0{,}35 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{1}{4} +$$
$$+ 36 \cdot 3\right)0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{5} + 36 \cdot 4\right)0{,}1 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{6} + 36 \cdot 5\right)0{,}05 =$$
$$= 77{,}43 \text{ lei};$$

$$z_2(2) = \sum_{u_2=0}^{1} 0{,}25\left(2 - \frac{u_2}{2}\right)\Phi(u_2) + \sum_{u_2=2}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{u_2} +\right.$$
$$\left. + 36(u_2 - 2)\right]\Phi(u_2) = 0{,}25 \cdot 2 \cdot 0 + 0{,}25 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}1 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{4}{2} + 36 \cdot 0\right)0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{3} + 36\right) \cdot 0{,}35 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{4} + 36 \cdot 2\right)0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{4}{5} + 36 \cdot 3\right)0{,}1 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{6} + 36 \cdot 4\right)0{,}05 = 45{,}18 \text{ lei};$$

$$z_2(3) = \sum_{u_2=0}^{2} 0{,}25\left(3 - \frac{u_2}{2}\right)\Phi(u_2) + \sum_{u_2=3}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{u_2} + 36(u_2 - 3)\right]\Phi(u_2) =$$
$$= 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0 + 0{,}25 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0{,}1 + 0{,}25 \cdot 2 \cdot 0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{3} + 36 \cdot 0\right)0{,}35 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{9}{4} + 36\right)0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{9}{5} + 36 \cdot 2\right)0{,}1 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{6} + 36 \cdot 3\right)0{,}05 = 20{,}18 \text{ lei};$$

$$z_2(4) = \sum_{u_2=0}^{3} 0{,}25\left(4 - \frac{u_2}{2}\right)\Phi(u_2) + \sum_{u_2=4}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{u_2} + 36(u_2 - 4)\right]\Phi(u_2) =$$
$$= 0{,}25 \cdot 4 \cdot 0 + 0{,}25 \cdot \frac{7}{2} \cdot 0{,}1 + 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0{,}2 + 0{,}25 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0{,}35 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{4} + 36 \cdot 0\right)0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{5} + 36\right)0{,}1 +$$
$$+ \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{6} + 36 \cdot 2\right)0{,}05 = 7{,}81 \text{ lei};$$

Scanned with OKEN Scanner

$$z_2(5) = \sum_{u_2=0}^{4} 0{,}25\left(5 - \frac{u_2}{2}\right)\Phi(u_2) + \sum_{u_2=5}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{25}{u_2} + 36(u_2 - 5)\right]\Phi(u_2) = 0{,}25 \cdot 5 \cdot 0 + 0{,}25\,\frac{9}{2}\,0{,}1 + 0{,}25 \cdot 4 \cdot 0{,}2 + 0{,}25\,\frac{7}{2}\,0{,}35 + 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{25}{5} + 36 \cdot 0\right)0{,}1 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{25}{6} + 36\right)0{,}05 = 2{,}65 \text{ lei};$$

$$Z_2(6) = \sum_{u_2=0}^{5} 0{,}25\left(6 - \frac{u_2}{2}\right)\Phi(u_2) + \sum_{u_2=6}^{6}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{36}{u_2} + 36(u_2 - 6)\right]\Phi(u_2) = 0{,}25 \cdot 6 \cdot 0 + 0{,}25 \cdot \frac{11}{2}\,0{,}1 + 0{,}25 \cdot 5 \cdot 0{,}2 + 0{,}25 \cdot \frac{9}{2}\,0{,}35 + 0{,}25 \cdot 4 \cdot 0{,}2 + 0{,}25 \cdot \frac{7}{2}\,0{,}1 + \frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{36}{6}\,0{,}05 = 1{,}11 \text{ lei};$$

$k_2(\sigma_2 = 0) = z_2(0) + V_{43}(0) = 113{,}3 + 1{,}7 = 115{,}0$ lei:

$k_2(1) = 77{,}43 + 1{,}70 = 79{,}13$ lei;

$k_2(2) = 45{,}18 + 1{,}70 = 46{,}88$ lei;

$k_2(3) = 20{,}18 + 1{,}70 = 21{,}88$ lei;

$k_2(4) = 7{,}81 + 1{,}70 = 9{,}51$ lei;

$k_2(5) = 2{,}65 + 1{,}70 = 4{,}35$ lei;

$k_2(6) = 1{,}11 + 1{,}70 = 2{,}81$ lei.

$f_{432}(0) = \min\limits_{0 \leqslant \sigma_2 \leqslant 6} k_2(\sigma_2) = 2{,}81$ lei cu $\sigma_2 = 6$;

$f_{432}(1) = \min\limits_{1 \leqslant \sigma_2 \leqslant 6} k_2(\sigma_2) = 2{,}81$ lei cu $\sigma_2 = 6$;

$f_{432}(2) = f_{432}(3) = f_{432}(4) = f_{432}(5) = f_{432}(6) = 2{,}81$ lei cu $\sigma_2 = 6$.

Speranța matematică a costului pentru trimestrele 4, 3 și 2 împreună

$V_{432}(\sigma_1 = 0) = \ldots = V_{432}(\sigma_1 = 6) = 2{,}81$ lei.

Trimestrele IV, III, II și I împreună

$$f_{4321}(s_1) = \min_{s_1 \leqslant \sigma_1 \leqslant 4}\left[z_1(\sigma_1) + V_{432}(\sigma_1)\right] = \min_{s_1 \leqslant \sigma_1 \leqslant 4} k_1(\sigma_1);$$

cu $k_1(\sigma_1) = z_1(\delta_1) + V_{432}(\sigma_1)$;

Scanned with OKEN Scanner

$$Z_1(0) = \sum_{u_1=0}^{4} 36u_1\Phi(u_1) = 36(1 \cdot 0{,}25+2 \cdot 0{,}2+3 \cdot 0{,}15+4 \cdot 0) = 39{,}6 \text{ lei};$$

$$Z_1(1) = 0{,}25 \cdot 1 \cdot 0{,}4 + \sum_{u_1=1}^{4} \left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{u_1} + 36(u_1 - 1)\right]\Phi(u_1) =$$

$$= 0{,}25 \cdot 0{,}4 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 + 36 \cdot 0\right)0{,}25 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{2} + 36\right)0{,}2 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{3} + 36 \cdot 2\right)0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{1}{4} + 36 \cdot 3\right)0 = 18{,}15 \text{ lei};$$

$$Z_1(2) = \sum_{u_1=0}^{1} 0{,}25\left(2 - \frac{u_1}{2}\right)\Phi(u_1) + \sum_{u_1=3}^{4}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{u_1} + 36(u_1 - 2)\right]\Phi(u_1) =$$

$$= 0{,}25 \cdot 2 \cdot 0{,}4 + 0{,}25 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}25 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot 2 + 36 \cdot 0\right)0{,}2 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{3} + 36\right)0{,}15 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{4}{4} + 36 \cdot 2\right) \cdot 0 = 5{,}77 \text{ lei};$$

$$Z_1(3) = \sum_{u_1=0}^{2} 0{,}25\left(3 - \frac{u_1}{2}\right)\Phi(u_1) + \sum_{u_1=3}^{4}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{u_1} + 36\right]\Phi(u_1) =$$

$$= 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0{,}4 + 0{,}25 \cdot \frac{5}{2}\,0{,}25 \cdot 2 \cdot 0{,}2 + \left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{3} + 36 \cdot 0\right)0{,}15 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{9}{4} + 36\right) \cdot 0 + 0{,}61 \text{ lei};$$

$$Z_1(4) = \sum_{u_1=0}^{3} 0{,}25\left(4 - \frac{u_1}{2}\right)\Phi(u_1) + \sum_{u_1=4}^{4}\left[\frac{1}{2}\,0{,}25\,\frac{16}{u_1} + 36(u_1 - 4)\right]\Phi(u_1) =$$

$$= 0{,}25 \cdot 4 \cdot 0{,}4 + 0{,}25 \cdot \frac{7}{2}\,0{,}25 + 0{,}25 \cdot 3 \cdot 0{,}2 + 0{,}25 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0{,}15 +$$

$$+\left(\frac{1}{2}\,0{,}25 \cdot \frac{16}{4} + 36 \cdot 0\right) = 0{,}86 \text{ lei};$$

$k_1(\sigma_1) = z_1(\sigma_1) + V_{432}(\sigma_1)$

$k_1(\sigma_1) = 0 = 39{,}6 + 2{,}81 = 42{,}41$ lei;

$k_1(\sigma_1) = 0 = 18{,}15 + 2{,}81 = 20{,}96$ lei;

$K_1(\sigma_1 = 2) = 5{,}77 + 2{,}81 = 8{,}58$ lei;

$K_1(\sigma_1 = 3) = 0{,}61 + 2{,}81 = 3{,}42$ lei;

$k_1(\sigma_1 = 4) = 0{,}86 + 2{,}81 = 3{,}67$ lei;

$f_{4321}(0) = \min\limits_{0 \leqslant \sigma_1 \leqslant 4} k_1(\sigma_1) = 3{,}42$ lei; cu $\sigma_1 = 3$;

$f_{4321}(1) = f_{4321}(2) = f_{4321}(3) = 3{,}42$ lei; cu $\sigma_1 = 3$;

$f_{4321}(4) = k_1(4) = 3{,}67$ lei; cu $\sigma_1 = 4$.

Scanned with OKEN Scanner

3. Din rezultatele obținute putem trage concluzia că șeful de centre de rețele trebuie să adopte următoarea strategie referitoare la reaprovizionarea stocului de izolatori.

— La începutul trimestrului I reîntregește stocul la 3 bucăți.
— La începutul trimestrului II reîntregește stocul la 6 bucăți.
— La începutul trimestrului III reîntregește stocul la 5 bucăți.
— La începutul trimestrului IV reîntregește stocul la 6 bucăți.

Speranța matematică a costului minim = 3,42 lei.

Se observă că pierderile datorită lipsei de stoc sînt mult mai mari decît cele datorită stocării, ceea ce a determinat concluzia că stocul de intervenție trebuie să acopere maximul cererii de izolatori.

Problema 92

În vederea stabilirii prognozei consumului de energie pe perioada (1976—1980) se presupun cunoscute datele din tabelele 123 a, b.

Tabelul 123 a

t Anii	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
E_c n.r.	1	1,12	1,34	1,62	1,75	1,81	2,3	2,65

Tabelul 123 b

t Anii	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
E_c n.r.	2,9	3,2	3,72	4,1	4,65	5,5	6,4	7,29

Să se determine consumul de energie pe perioada (1976—1980) cu următoarele tipuri de modele:

1. Model liniar ajustat prin puncte.
2. Model liniar ajustat prin metoda celor mai mici pătrate.
3. Model polinomial de gradul al doilea ajustat prin puncte și prin metoda celor mai mici pătrate.
4. Model polinomial de grad neîntreg ajustat prin puncte.
5. Model exponențial ajustat prin puncte.
6. Modele probabiliste pentru determinarea limitelor intervalului de variație a consumului de energie în anul 1990.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

Ecuația trendului de regresie pentru determinarea consumului de energie.

1. Model liniar ajustat prin puncte

$$\frac{E - E_{1960}}{E_{1975} - E_{1960}} = \frac{t}{15} \quad E = \frac{(E_{1975} - E_{1960})}{15} t + E_{1960};$$

$$E = 1 + \frac{7,2 - 1}{15} t = 1 + t \frac{6,2}{15} t = 1 + 0,41\, t;$$

$$E_{1976} = 1 + 0,41t = 1 + 0,41 \cdot 16 = 7,6 \text{ u.r.};$$

$$E_{1977} = 1 + 0,41t = 1 + 0,41 \cdot 17 = 8 \text{ u.r.};$$

$$E_{1978} = 1 + 0,41t = 1 + 0,41 \cdot 18 = 8,4 \text{ u.r.};$$

$$E_{1979} = 1 + 0,41t = 1 + 0,41 \cdot 19 = 8,8 \text{ u.r.};$$

$$E_{1980} = 1 + 0,41t = 1 + 0,41 \cdot 20 = 9,2 \text{ u.r.}$$

2. Model liniar ajustat prin metoda celor mai mici pătrate

$$E = a + b \cdot t = 0,18 + 0,49\, t;$$

$$E_{1976} = 0,18 + 0,49 \cdot 16 = 8 \text{ u.r.};$$

$$E_{1977} = 0,18 + 0,49 \cdot 17 = 8,6 \text{ u.r.};$$

$$E_{1978} = 0,18 + 0,49 \cdot 18 = 9 \text{ u.r.};$$

$$E_{1979} = 0,18 + 0,49 \cdot 19 = 9,5 \text{ u.r.};$$

$$E_{1980} = 0,18 + 0,49 \cdot 20 = 9,98 \text{ u.r.}$$

3. Model polinomial de gradul al doilea, ajustat prin puncte

$$E = 1 + 0,06\, t + 0,025\, t^2;$$

$$E_{1976} = 1 + 0,06 \cdot 16 + 0,025 \cdot 16^2 = 8,14 \text{ u.r.};$$

$$E_{1977} = 1 + 0,06 \cdot 17 + 0,025 \cdot 17^2 = 9,22 \text{ u.r.};$$

$$E_{1978} = 1 + 0,06 \cdot 18 + 0,025 \cdot 18^2 = 10,18 \text{ u.r.};$$

$$E_{1979} = 1 + 0,06 \cdot 19 + 0,025 \cdot 19^2 = 11,22 \text{ u.r.};$$

$$E_{1980} = 1 + 0,06 \cdot 20 + 0,025 \cdot 20^2 = 12,2 \text{ u.r.}$$

Ajustare prin metoda celor mai mici pătrate.

Ecuația de regresie utilizată pentru prognoza consumului de energie se scrie astfel:

$$E = a + bt + ct^2$$

Scanned with OKEN Scanner

Constantele (a, b, c) se determină cu relații de forma:

$$\begin{cases} an + b\sum_i t_i + c\sum_i t_i^2 = \sum_i E_i; \\ a\sum_i t_i + b\sum_i t_i^2 + c\sum_i t_i^3 = \sum_i E_i t_i; \\ a\sum_i t_i^2 + b\sum_i t_i^3 + c\sum_i t_i^4 = \sum_i E_i t_i^2; \end{cases}$$

$n = 16$ pe perioada (1960—1975);

$\sum_i t_i = 120;$

$\sum_i t_i^2 = 1330;$

$\sum_i t_i^3 = 14400;$

$\sum_i t_i^4 = 178132;$

$\sum_i E_i = 52;$

$\sum_i E_i t_i = 406$ u.r;

$\sum_i E_i t_i^2 = 6093$ u.r.

Relațiile pentru determinarea constantelor (a, b, c) se pot scrie sub forma

$16a + 120b + 1330c = 52;$ $\quad a + 7{,}5b + 83{,}1c = 3{,}25;$

$120a + 1330b + 14400c = 604;$ $\quad a + 11b + 120c = 33{,}83;$

$1330a + 14400b + 178132c = 6093;$ $\quad a + 10{,}8b + 134c = 5;$

$a = \frac{D_1}{D} = 1{,}75 \quad b = \frac{D_2}{D} = 0{,}198 \quad c = \frac{D_3}{D} = 0{,}0012;$

$E = 1{,}75 + 0{,}198t + 0{,}012t^2;$

$E_{1976} = 1{,}75 + 0{,}198t + 0{,}012t^2 = 7{,}81$ u.r. $\rightarrow 56{,}232$ TWh;

$E_{1977} = 1{,}75 + 0{,}198{,}17 + 0{,}012 \cdot 17^2 = 8{,}59$ u.r. $\rightarrow 61{,}845$ TWh;

$E_{1978} = 1{,}75 + 0{,}198 \cdot 18 + 0{,}012 \cdot 18^2 = 9{,}2$ u.r. $\rightarrow 66{,}24$ TWh;

$E_{1979} = 1{,}75 + 0{,}198 \cdot 19 + 0{,}012 \cdot 19^2 = 9{,}81$ u.r. $\rightarrow 70{,}632$ TWh;

$E_{1930} = 1{,}75 = 0{,}198 \cdot 20 + 0{,}012 \cdot 20^2 = 10{,}73$ u.r. $\rightarrow 77{,}256$ TWh.

Scanned with OKEN Scanner

4. Model polinomial de grad întreg ajustat prin puncte

$$E = a + bt + ct^r = 1 + 0{,}09\,t + 0{,}0092t^{2{,}4};$$

Pentru $a = 1$; $b = 0{,}09$ $c = 0{,}0092$; $r = 2{,}4$ rezultă

$$E_{1976} = 1 + 0{,}09(16) + 0{,}092\,(t)^{2{,}4} = 7{,}9 \text{ u.r.};$$

$$E_{1977} = 1 + 0{,}09(17) + 0{,}0092\,(t)^{2{,}4} = 8{,}62 \text{ u.r.};$$

$$E_{1978} = 1 + 0{,}09(18) + 0{,}0092\,(t)^{2{,}4} = 9{,}5 \text{ u.r.};$$

$$E_{1979} = 1 + 0{,}09(19) + 0{,}0092\,(t)^{2{,}4} = 10{,}2 \text{ u.r.};$$

$$E_{1980} = 1 + 0{,}09(20) + 0{,}0092\,(t)^{2{,}4} = 11 \text{ u.r.}$$

5. Model exponențial ajustat prin puncte

$$E_t = E_0 \cdot e^{rt} = E_0 \cdot e^{1{,}4\,t}$$

$$E_{1976} = E_{1960} \cdot e^{0{,}14{,}16} = 8 \text{ u.r.} \rightarrow 57{,}6 \text{ TWh};$$

$$E_{1977} = E_{1960} \cdot e^{0{,}14{,}17} = 8{,}8 \text{ u.r.} \rightarrow 63{,}36 \text{ TWh};$$

$$E_{1978} = E_{1960} \cdot e^{0{,}14{,}18} = 9{,}6 \text{ u.r.} \rightarrow 69{,}12 \text{ TWh};$$

$$E_{1979} = E_{1960} \cdot e^{0{,}14{,}19} = 10{,}4 \text{ u.r.} \rightarrow 74{,}88 \text{ TWh};$$

$$E_{1980} = E_{1960} \cdot e^{0{,}14{,}20} = 11{,}2 \text{ u.r.} \rightarrow 79{,}92 \text{ TWh}.$$

Metodele determinate indirecte dau erori mai mari decît cele directe aplicate anterior.

6. Modelele probabiliste pentru stabilirea intervalului de variație a consumului de energie în țara noastră se pot scrie sub forma:

$$Y_1 = m(t - \bar{t}) + \bar{y} - k\sigma\left[\frac{N+1}{N} + \frac{(t-\bar{t})^2}{(t-\bar{t})^2}\right]^{1/2};$$

$$Y_2 = m(t - \bar{t}) + \bar{y} + k\sigma\left[\frac{N+1}{N} + \frac{(t-\bar{t})^2}{(t-\bar{t})^2}\right]^{1/2}.$$

Pentru $m = 0{,}11$; $\sigma = 0{,}03$; $N = 26$; $p' = 0{,}95$; $p'' = 0{,}75$

$K = 2{,}7$; $k_{0{,}75} = 1{,}5$ probabilitate de tip student

$E_1 = e^{y_1} = e$ $E_2 = e^{y_2}$

$Y_1 = 2{,}75$ $E_{r_1} = e^{2{,}75} = 17{,}9$ u.r. $E_{1a} = 128{,}5$ TWh

$Y_2 = 3$ $E_{r_2} = e^3 = 19{,}68$ u.r. $E_{2a} = 141{,}8$ TWh.

Pentru anul 1990 consumul (respectiv producția) de energie se înscrie în intervalul (128,5 — 142,5) TWh.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 93

Se consideră cinci sisteme industriale cu structură discretă la care se cunosc caracteristicile proceselor de producție. Probabilitățile de succes și insucces ale activității la nivelul proceselor considerate se determină ținînd seama de următoarele cauze:

— Lipsa de lucru datorită unei organizări necorespunzătoare.
— Întreruperea procesului de producție din cauza lipsei forței de muncă (absențe sau calificare necorespunzătoare).
— Avarierea utilajelor sau folosirea mijloacelor de producție sub capacitatea lor.
— Lipsa energiei la orele de vîrf ale sistemului.
— Perturbații neprevăzute provocate de mediu.

Dacă se cunosc duratele ciclurilor de fabricație a tipurilor de produse ce se execută în secțiile de producție ale sistemului și se determină duratele de insucces provocate de cele cinci categorii de cauze se pot calcula probabilitățile de succes și insucces la nivelul fiecărui sistem și la nivelul reuniunii celor cinci sisteme de producție.

Datele de calcul ale probabilităților de succes (p_i) și insucces (q_i) se referă atît la timpii de lucru (t_e) pe fiecare subsistem considerat cît și la durata ciclului de fabricație (t_c) așa cum rezultă din tabelele (124—125).

Tabelul 124

Sistemul	s_1					s_2				
Subsistemul S S	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
t_e ore/obiect	5,48	53	3,0	5,4	5,2	46	60	30	106	100
t_c ore	250	294	266	468	224	246	200	70	166	80
c_p	0,1	0,5	0,05	0,15	0,2	0,35	0,35	0,15	0,15	0,35

Tabelul 125

Sistemul	s_3					s_4					s_5				
Subsistemul S S	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
t_e ore/obiect	112	232	206	25	26	496	428	556	488	180	15	19	44	14	191
t_c ore	280	483	457	61	62	4536	2408	3316	5348	3780	99	79	345	159	910
c_p	0,2	0,1	0,5	0,2	0,5	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,01	0,6	0,2	0,05	0,15

Scanned with OKEN Scanner

Se cere:

1) Determinarea probabilităților de succes (p_i) și insucces (q_i) la nivelul fiecărui subsistem (ss).
2) Stabilirea nivelului entropic la nivelul fiecărui sistem considerat ținînd seama de valorile coeficienților de ponderare (c_p).
3) Exprimarea gradului de organizare a fiecărui sistem considerînd entropiile informaționale etalon egale cu următoarele valori

$$H_i^e = (0,1 \div 0,8) \text{ biți}; \; H_1^e = 0,09; \; H_2^e = 0,192; \; H_3^e = 0,22;$$

$$H_4^e = 0,088; \; H_5^e = 0,09.$$

Rezolvare

1. Entropia informațională sau comentropia se determină cu o relație de forma:

$$H_i = K_t \left(\sum_i p_i \lg \frac{1}{p_i} + \sum_i q_i \lg \frac{1}{q_i} \right) \text{biți}.$$

$$p_i = \frac{t_{bi}}{t_{ci}}; \quad q_i = \frac{t_{ni}}{t_{ci}}; \quad q_i = (1 - p_i).$$

Probabilitățile de succes (p_i) și cele de insucces (q_i) au valorile din tabelele 126 și 127.

Tabelul 126

Sistemul	s_1					s_2				
Subsistemul	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
p_i	0,022	0,18	0,0116	0,0117	0,0235	0,189	0,31	0,43	0,64	0,63
q_i	0,978	0,82	0,9884	0,9883	0,9765	0,911	0,69	0,57	0,36	0,37

Tabelul 127

Sistemul	s_3					s_4				s_5					
Subsistemul	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
p_i	0,4	0,49	0,46	0,42	0,5	0,11	0,18	0,17	0,09	0,05	0,15	0,24	0,13	0,09	0,21
q_i	0,6	0,51	0,54	0,56	0,5	0,89	0,82	0,83	0,9	0,95	0,85	0,76	0,87	0,91	0,79

2. Calculînd entropia (H_i) și ținînd seama de coeficienții de ponderare (c_p) se obțin nivelurile entropice din tabelele (128—129) pentru cele cinci subsisteme care formează structura discretă a sistemelor industriale ($S_1 - S_5$).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 128

Sistemul	s_1					s_2				
Subsistemul	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
H_i	0,045	0,204	0,027	0,028	0,040	0,209	0,265	0,297	0,285	0,284
$c_{p_i} H_i$	0,0045	0,102	0,0014	0,0041	0,0096	0,073	0,093	0,0445	0,0427	0,042

$$H_1 = \sum_{i=1}^{5} H_i c_{p_i} = 0{,}1216 \text{ biți}; \quad H_2 = 0{,}2952 \text{ biți}.$$

Tabelul 129

Sistemul	s_3					s_4					s_5				
Subsistemul	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
H_i	0,29	0,3	0,29	0,295	0,299	0,15	0,2	0,192	0,13	0,08	0,18	0,22	0,175	0,128	0,225
$c_p H_i$	0,058	0,03	0,15	0,06	0,061	0,075	0,902	0,097	0,013	0,0004	0,0018	0,6	0,035	0,0064	0,033

$$H_3 = 0{,}359; \quad H_4 = 0{,}1217; \quad H_5 = 0{,}119.$$

3. Gradele de organizare pentru cele cinci sisteme ($S_1 - S_5$) au următoarele valori:

$$G_{1\%} = \frac{H_1^e}{H_1} 100 = \frac{0{,}09}{0{,}1216} 100 = 75\%; \quad G_{2\%} = \frac{H_2^e}{H_2} 100 = 64{,}3\%;$$

$$G_{3\%} = \frac{H_3^e}{H_3} 100 = 61{,}5\%; \quad G_4 = \frac{H_4^e}{H_4} 100 = 73{,}5\%; \quad G_{5\%} = 76{,}5\%.$$

Analiza gradelor de organizare permite colectarea unor informații utile construirii unui set de decizii privind îmbunătățirea funcționării sistemelor industriale comparate.

Problema 94

Se consideră o centrală electrică de 1000 MW. Grupurile funcționează 4 ore pe zi cu o încărcare de 200 MW și două ore cu o încărcare de 150 MW iar restul de 18 ore centrala este încărcată la puterea ei nominală. Pentru transportul cărbunelui la centrală se utilizează vagoane de 80 tone. Ritmurile de sosire (n_{s0}) a vagoanelor în depozitul centralei se consideră $\frac{1}{5}$; $\frac{1}{6}$; $\frac{1}{7}$

Scanned with OKEN Scanner

sosiri pe minut. Stația de descărcare este dimensionată pentru $n_{Sv} = \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{8}\right)$ serviri/minut. Sosirile și servirile respectă legea Poisson în regim staționar. Cînd se formează stocurile aportul zilnic (24 ore) de cărbune în centrală este $B_t = 15\,680$ tone. Cererea de combustibil urmărește evoluția cererii de putere și respectă o lege gausiană. Abaterea mediei pătratice $\sigma = 209$. Coeficientul de risc $k_r = 1{,}57$.

Caracteristicile benzii de transport $l_b = 515$ m; $\gamma_b = 300$ kg/m; $p_c^b = 18{,}76$ lei/kg. Costul orar al așteptării unui vagon $c_1 = 20$ lei/h iar cheltuielile de reutilare a stației de descărcare sînt de 0,35 lei/tona combustibil (cheltuielile de întreținere 0,05 lei/t; cheltuielile de personal 0,1 lei/t; cheltuielile de amortizare 0,2 lei/tona). Cărbunele transportat cu ajutorul benzilor în centrală și depozit are o greutate volumetrică $\gamma_c = 0{,}85$ t/m³ și $P_{ci} = 3500$ kcal/kg. Distribuirea cărbunelui spre sala buncărelor se face cu benzi transportoare simple ($n_{bt} = 1$) sau duble ($n_{bt} = 2$). Primul complex de benzi are 3 căderi pe an iar timpul de revizie este de $t_r = 20$ ore/cădere. Duratele de succes (de funcționare continuă) între căderi $t_s = 2900$ ore. La al doilea sistem de benzi ($n_{bt} = 2$) se determină un timp de insucces $t_{nf} = 10$ ore.

Prețul energiei nelivrate $p_e^{en} = (5 \div 50)$ lei/kWh în funcție de pagubele provocate la furnizorul și consumatorul de energie.

Se cere:

1) Calcularea cheltuielilor cu așteptarea în cazul folosirii ritmurilor de sosire specificate și indicarea soluțiilor de organizare a depozitului de combustibil.
2) Aplicarea teoriei stocurilor pentru dimensionarea buncărelor.
3) Analiza siguranței în funcționare a sistemelor de benzi transportoare și alegerea variantei optime utilizînd criteriul termenului de recuperare și al cheltuielilor anuale de calcul.

Rezolvare

1) Analiza sosirilor vagoanelor încărcate cu cărbune la centrală se face pe baza cheltuielilor cu așteptarea, scrise sub forma:

$$C_{ta} = c_1 t_{ac} + c_2 t_{af} = \left[c_1 \cdot n_{so} d_{nso} + c_2\left(h_z - n.s.\frac{h}{60}\right)\right].$$

Dacă vagoanele sosesc din cinci în cinci minute atunci cheltuielile cu așteptarea au valoarea:

$$C_{ta}^{(5)} = \left\{20 \cdot 24 \cdot 60\,\frac{1}{5}\left[\frac{1}{n_{sv} - n_{so}} - \frac{1}{n_{S_v}}\right] + \frac{0{,}35 \cdot 15680}{24}\left[24 - \frac{288 \cdot 4}{60}\right]\right\} n;$$

$$C_{ta}^{(5)} = 365\left\{20 \cdot 24 \cdot \frac{60}{5}\left[\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{5}} - \frac{1}{\frac{1}{4}}\right] + \frac{0{,}35 \cdot 15680}{24}\left[24 - \frac{288 \cdot 4}{60}\right]\right\} =$$

$$= 2660 \times 365 \text{ lei/an}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$t_{ac} = n_{so} d_{nso} = 24(\text{h})\ 60\left(\frac{\text{min}}{h}\right) \cdot \frac{1}{5} \times \left(\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{5}} - \frac{1}{\frac{1}{4}}\right) = 77 \text{ ore};$$

n_{So} = numărul sosirilor în 24 ore $= 24 \cdot 60 \frac{1}{5} = 288$ sosiri;

d_{nso} = durata medie a servirilor $= \frac{1}{n_{sv} - n_{so}} - \frac{1}{n_{sv}} = \frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{5}} - \frac{1}{\frac{1}{4}} =$

$= 0{,}267$ h;

$$t_{as} = 24(\text{h}) - \frac{288 \times 4 \text{ minute/servire}}{60} = 24 - 19{,}2 = 4{,}8 \text{ (ore)};$$

$$c_2 = \frac{0{,}35 \cdot B_t}{h_z} = \frac{0{,}35 \times 15680}{24} = 234 \text{ (lei/h)}.$$

Pentru durate de servire de 6 și 7 minute rezultă următoarele cheltuieli cu așteptarea:

$C_{ta}^{(6)} = (2512 \times 365)$ lei/an; $C_{ta}^{(7)} = (2758 \times 365)$ lei/an;

$C_{ta}^{(5)} = 97\,000$ lei/an $> C_{ta}^{(6)} = 92\,000$ lei/an $< C_{ta}^{(n)} = 101 \cdot 10^6$ lei/an.

Organizarea depozitului se face sub forma arcelor de cerc cu un unghi de centru de 90° sau sub forma piramidelor spațiale și prismă triunghiulară culcată pe una din fețe.

2) Dimensionarea buncărelor pe baza teoriei stocurilor:

$$V_{buncăr} = \frac{B_{stoc}}{\gamma_c} = \frac{B_{curent} + B_{risc}}{\gamma_c} = \frac{B_t}{h_z} \cdot \frac{1}{\gamma_c} + \frac{kr \cdot \sigma}{\gamma_c}$$

$$V_{buncăr} = \frac{15680}{24} \cdot \frac{1}{0{,}85} + \frac{1{,}57 \times 209}{0{,}85} = 1155 \text{ m}^3;$$

$V_b = \frac{655 + 328}{0{,}85} = 1155$ m³. Dacă $B_{risc} = 0$ atunci $V_b = 775$ m³.

Dacă nu s-ar ține seama de condițiile probabile de întrerupere a alimentării cu combustibil și deci ($B_{risc} = 0$) ar rezulta un buncăr mai mic dar la o eventuală cădere a alimentării cu combustibil a buncărelor pierderile de energie ar implica cheltuieli cu mult mai mari decît cele necesare supradimensionării depozitelor intermediare (brunchere). Este foarte probabil ca preîntîmpinarea căderilor să se facă prin asigurarea unui coeficient de succes corespunzător (deoarece se proiectează două benzi transportoare) și atunci economia la volumul clădit al centralei ar acoperi eventualele cheltuieli cu creșterea numărului de benzi.

3) Eficiența siguranței în funcționare a numărului de benzi se determină cu relații de forma:

$$t_{rc} = \frac{I_2 - I_1}{C_1 - C_2} \leqslant t_{rn}; \quad Z_{SF} = \left[\sum_{j=1}^{n} n_j C_j + s(1 - p)\right] = \text{minim}.$$

Restricția pentru rezolvarea modelului cheltuielilor cu siguranța în funcționare se referă la egalitatea dintre debitul transportat de benzi și debitul necesar și la egalitatea dintre timpul de funcționare al benzilor și timpul de funcționare al centralei electrice la vîrful sistemului.
Investițiilor (I_1, I_2) și cheltuielile anuale (C_1, C_2) pentru cele două tipuri de benzi transportoare se calculează astfel:

$$I_2 = 2I_1;\ I_1 = l_b \cdot \gamma_b \cdot p_c^b = 515\,(\text{m})\ 300\,\frac{\text{kg}}{\text{m}}\ 18{,}76\ \text{lei/kg} = 2{,}9 \cdot 10^6\ \text{lei};$$

$$I_2 = 5{,}8 \cdot 10^6\ \text{lei};$$

$$C_1 = n_c \cdot t_{rep.}^{av} \cdot P_c^{iav} \cdot p_c^{enl} = 3 \times 20 \times 10^6 \cdot p_c^{enl} = 60 \cdot 10^6\, p_c^{enl}\ \text{(lei/an)};$$

$$C_2 = t_{nf} \cdot P_e^{iav} \cdot p_c^{enl} = 10 \cdot 10^6 \cdot p_e^{enl}\ \text{(lei/an)};$$

$$t_{rc} = \frac{5{,}8 \cdot 10^6 - 2{,}9 \cdot 10^6}{(60\, p_c^{enl} - 10\, p_c^{enl})\, 10^6} = \frac{2{,}9}{50 \cdot p_e^{enl}} = 12{,}5\ \text{ani} = t_{rn}.;$$

$$p_c^{enl} = \frac{2{,}9}{62{,}5} = 4{,}6\ \text{lei/kWh} < (5\text{—}50)\ \text{lei/kWh}.$$

Cheltuielile cu siguranța în funcționare se determină astfel:

$$Z_{SF_1} = \sum_{j=1}^{n} n_j C_j + s(1 - p) = 2{,}9 \cdot 10^6 + 60 p_e^{enl} \cdot 10^6 \frac{3 \times 20}{8760} = 8{,}33 \cdot 10^6\ \text{lei/an},$$

$$Z_{SF_2} = \left(5{,}8 \cdot 10^6 + 10 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot \frac{10}{8760}\right) = \left(5{,}8 \cdot 10^6 + \frac{10^6}{0{,}876}\right) = 6{,}94 \cdot 10^6\ \text{lei/an}.$$

$Z_{SF_2} < Z_{SF_1}$ rezultă că se acceptă soluția cu două sisteme de benzi transportoare. Centrala de 1000 MW va fi echipată cu două sisteme de benzi transportoare și va primi combustibil solid în vagoane de 80 t care vor sosi din 6 în șase minute la estacadă.

Problema 95

Se consideră o C.T.E. cu puterea instalată 4 × 25 MW cu schemă bloc cazan și turbină cu 4 cazane avînd debitul 110 t/h. Timpii de funcționare a grupurilor sînt: 6500 ore/an, 7000 ore/an, 5400 ore/an, 7200 ore/an.
Coeficientul de uzură a cazanelor este 0,95, iar coeficientul de uzură a grupurilor este 0,96. Alimentarea se face cu cărbune. Sistemul de benzi transportoare are 3 căderi/an, durata unei revizii fiind de 20 ore.
Timpul de nefuncționare a gospodăriei de combustibil datorită defectării stației de descărcare și nesosirii vagoanelor la centrală este 60 ore/an.
La gospodăria de combustibil se înregistrează 40 ore/an absențe ale lucrătorilor, la sala cazanelor 60 ore/an, iar la sala mașinilor 50 ore/an.

Raportînd calificarea lucrătorilor din sala cazanelor la cea necesară se găsește valoarea 0,99, iar prin raportarea calificării forței de muncă în sala mașinilor la cea necesară rezultă valoarea 0,995.

La partea electrică a centralei se înregistrează două defecțiuni/an cu o durată medie de 20 ore. Se fac 5 manevre greșite la partea electrică a cen-

Scanned with OKEN Scanner

tralei, fiecare necesitînd o reparație de circa 10 ore. Centrala livrează energie de calitate necorespunzătoare timp de 60 ore/an.

Se consideră, de asemenea, o centrală electrică etalon la care timpii de folosire a grupurilor sînt 8000 ore/an; celelalte cauze care duc la creșterea entropiei sînt înlăturate la această centrală considerată perfect organizată.

Se cere:

1. Calcularea probabilităților de succes și insucces și a entropiilor pe subsistemele centralei.
2. Entropia totală pe centrală.
3. Măsuri pentru micșorarea entropiei (mărirea gradului de organizare) și calcularea gradului de organizare pentru centrală.

Rezolvare

1) Entropia informațională sau comentropia sistemului considerat se determină cu următoarea relație:

$$H = k_t\left[-\sum_{k=1}^{n} p_k \lg p_k - \sum_{k=1}^{n} q_k \lg q_k\right] \text{ [biți].}$$

Gospodăria de combustibil

— entropia obiectului muncii dată de lipsa de combustibil în aprovizionare datorită defectării stației de descărcare și nesosirii vagoanelor la centrală:

$$t_{nef} = 60 \text{ h/an};$$

$$p_{11} = \frac{8760 - 60}{8760} = 0{,}99316; \quad (1 - p_{11}) = 0{,}00684;$$

$$H_{11} = (-0{,}99316 \log 0{,}99316 - 0{,}00684 \log 0{,}00684) \cdot 3{,}32 = 0{,}059 \text{ biți.}$$

— entropia mijloacelor de muncă datorită defectării benzilor transportoare:

$$p_{12} = \frac{8760 - 3 \times 20}{8760} = 0{,}99316; \quad (1 - p_{12}) = 0{,}00684;$$

$$H_{12} = (-0{,}99316 \log 0{,}99316 - 0{,}00684 \log 0{,}00684) \cdot 3{,}32 = 0{,}059 \text{ biți;}$$

— entropie datorită absenței forței de muncă:

$$p_{13} = \frac{8760 - 40}{8760} = 0{,}99543; \quad (1 - p_{13}) = 0{,}00457;$$

$$H_{13} = (-0{,}99543 \log 0{,}99543 - 0{,}00457 \log 0{,}00457) \cdot 3{,}32 = 0{,}042 \text{ biți;}$$

$$H_1 = \sum_{i=1}^{3} H_{1i} = 0{,}160 \text{ [biți],}$$

Sala cazanelor

— entropie datorită nefuncționării cazanelor la debitul nominal din cauza uzurii:

coeficient de uzură $\alpha_{uz} = 0,95$;

$p_{21} = 0,95$; $(1 - p_{21}) = 0,05$;

$H_{21} = (-0,95 \log 0,95 - 0,05 \log 0,05) \cdot 3,32 = 0,286$ [biți];

$H'_{21} = 4H_{21} = 1,144$ [biți];

— entropie datorită nefuncționării din cauza reparațiilor:

$p^1_{22} = \frac{6500}{8760} = 0,742$; $1 - p^1_{22} = 0,258$;

$H^1_{22} = (-0,742 \log 0,742 - 0,258 \log 0,258)\ 3,32 = 0,823$ [biți];

$p^2_{22} = \frac{7000}{8760} = 0,799$; $1 - p^2_{22} = 0,201$;

$H^2_{22} = (-0,799 \log 0,799 - 0,201 \log 0,201) \cdot 3,32 = 0,724$ [biți];

$p^3_{22} = \frac{5400}{8760} = 0,616$; $1 - p^3_{22} = 0,384$;

$H^3_{22} = (-0,616 \log 0,616 - 0,384 \log 0,384)\ 3,32 = 0,960$ [biți];

$p^4_{22} = \frac{7200}{8760} = 0,822$; $1 - p^4_{22} = 0,178$;

$H^4_{22} = (-0,822 \log 0,822 - 0,178 \log 0,178)\ 3,32 = 0,675$ [biți];

$H'_{22} = \sum_{j=1}^{4} H^j_{32} = 3,182$ [biți].

— entropie datorită forței de muncă:

absențe

$p^a_{23} = \frac{8760 - 60}{8760} = 0,99316$; $1 - p^a_{23} = 0,00684$;

$H^a_{23} = (-0,99316 \log 0,99316 - 0,00684 \log 0,00684)\ 3,32 = 0,059$ [biți].

Calificare necorespunzătoare

$p^b_{23} = 0,99$; $1 - p^b_{23} = 0,01$;

$H^b_{23} = (-0,99 \log 0,99 - 0,01 \log 0,01)\ 3,32 = 0,083$ [biți];

$H_{23} = 0,059 + 0,083 = 0,142$ [biți],

$H_2 = \sum_{j=1}^{3} H_{2j} = 4,468$ [biți].

Scanned with OKEN Scanner

Sala maşinilor

— entropie datorită nefuncţionării grupurilor la puterea instalată din cauza uzurii:

$\alpha_{uz} = 0{,}96$;

$p_{31} = 0{,}96$; $1 - p_{31} = 0{,}04$;

$H_{31} = (-0{,}96 \log 0{,}96 - 0{,}04 \log 0{,}04)\ 3{,}32 = 0{,}242$ [biţi];

$H_{31}^{t} = 4H_{31} = 0{,}968$ [biţi].

— entropie datorită nefuncţionării grupurilor din cauza reparaţiilor:

$p_{32}^{1} = \frac{6500}{8760} = 0{,}742$; $1 - p_{32}^{1} = 0{,}258$;

$H_{32}^{1} = (-0{,}742 \log 0{,}742 - 0{,}258 \log 0{,}258)\ 3{,}32 = 0{,}823$ [biţi];

$p_{32}^{2} = \frac{7000}{8760} = 0{,}799$; $1 - p_{32}^{2} = 0{,}201$;

$H_{32}^{2} = (-0{,}799 \log 0{,}799 - 0{,}201 \log 0{,}201)\ 3{,}32 = 0{,}724$ [biţi];

$p_{32}^{3} = \frac{5400}{8760} = 0{,}616$; $1 - p_{32}^{3} = 0{,}384$;

$H_{32}^{3} = (-0{,}616 \log 0{,}616 - 0{,}384 \log 0{,}384)\ 3{,}32 = 0{,}960$ [biţi];

$p_{32}^{4} = \frac{7200}{8760} = 0{,}822$; $1 - p_{32}^{4} = 0{,}178$;

$H_{32}^{4} = (-0{,}822 \log 0{,}822 - 0{,}178 \log 0{,}178)\ 3{,}32 = 0{,}675$ [biţi];

$H_{32}^{t} = \sum_{j=1}^{4} H_{32}^{j} = 3{,}182$ [biţi].

— entropie datorită forţei de muncă:

absenţe:

$p_{33a} = \frac{8760 - 50}{8760} = 0{,}9942$; $1 - p_{33a} = 0{,}0058$;

$H_{33a} = (-0{,}9942 \log 0{,}9942 - 0{,}0058 \log 0{,}058)\ 3{,}32 = 0{,}053$ [biţi].

Calificare necorespunzătoare

$p_{33b} = 0{,}995$; $1 - p_{33b} = 0{,}005$;

$H_{33b} = (-0{,}995 \log 0{,}995 - 0{,}005 \log 0{,}005)\ 3{,}32 = 0{,}045$ [biţi];

$H_{33} = 0{,}098$ [biţi];

$H_{3} = \sum_{j=1}^{3} H_{3j} = 4{,}248$ [biţi].

Scanned with OKEN Scanner

— entropie datorită defecțiunilor:

$$p_{41} = \frac{8760 - 2 \times 20}{8760} = 0{,}99543; \quad 1 - p_{41} = 0{,}00457;$$

$$H_{41} = (-0{,}99543 \log 0{,}99543 - 0{,}00457 \log 0{,}00457)\, 3{,}32 = 0{,}042 \text{ [biți]};$$

— entropie datorită unor greșeli de manevră datorită lipsei de calificare a personalului:

$$p_{42} = \frac{8760 - 5 \times 10}{8760} = 0{,}9942; \quad 1 - p_{42} = 0{,}0058;$$

$$H_{42} = (-0{,}9942 \log 0{,}9942 - 0{,}0058 \log 0{,}0058)\, 3{,}32 = 0{,}053 \text{ [biți]};$$

— entropie dată de calitatea necorespunzătoare a energiei livrate:

$$p_{43} = \frac{8760 - 60}{8760} = 0{,}99316; \quad 1 - p_{43} = 0{,}00684;$$

$$H_{43} = (-0{,}99316 \log 0{,}99316 - 0{,}00684 \log 0{,}00684)\, 3{,}32 = 0{,}059 \text{ [biți]};$$

$$H_4 = \sum_{j=1}^{3} H_{4j} = 0{,}154 \text{ [biți]}.$$

2) Entropia totală în centrala electrică

$$H = \sum_{j=1}^{4} H_i = 0{,}160 + 4{,}468 + 4{,}248 + 0{,}154 = 9{,}030 \text{ [biți]}.$$

Entropia se poate micșora pe baza următoarelor măsuri:

— Dotarea centralei cu 2 sisteme de benzi transportoare la care (10 ore de nefuncționare pe an) probabilitățile de succes și insucces au următoarele valori:

$$p = \frac{8760 - 10}{8760} = 0{,}99886; \quad 1 - p = \frac{10}{8760} = 0{,}00114.$$

— Organizarea gospodăriei de combustibil
— Creșterea duratei de utilizare a cazanelor și grupurilor
— Micșorarea numărului de absențe și creșterea calificării lucrătorilor.

3) Gradul de organizare se determină astfel:

$$g\% = \frac{H_e}{H_r} 100 = \frac{4{,}815}{9{,}030} 100 = 53\%;$$

$$H_e = \left(k_t \sum_k p_k \lg \frac{1}{p_k} + k_t \sum_k q_k \lg \frac{1}{q_k}\right) = 4{,}815 \text{ [biți]};$$

$$p_k = \frac{8000}{87600} = 0{,}915; \quad q_k = 1 - 0{,}915 = 0{,}085;$$

$$H_e = \left(3{,}32 \cdot 0{,}915 \lg \frac{1}{0{,}915} + 3{,}32 \cdot 0{,}085 \lg \frac{1}{0{,}085}\right) = 4{,}815 \text{ [biți]}.$$

Gradul de organizare al centralei electrice analizate poate fi ridicat prin aplicarea măsurilor specificate la punctul 2.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 96

Se consideră un sistem cibernetic cu structură continuă funcționînd automatizat ($T_f = 8000$ ore/an) și semiautomat ($T_f = 6500$ ore/an). Sistemul cuprinde în structura sa elementele unei centrale termoelectrice și are următoarele caracteristici:

— Puterea instalată $= 3 \times 330$ MW cu posibilități de funcționare în schemă bloc cazan — turbină și în schemă specială (deconectarea separată a grupurilor, respectiv a cazanelor și funcționarea lor separată).
— Centrala dispune de trei cazane în funcțiune cu un debit de 1000 t/h și 3 grupuri turbogeneratoare de fabricație românească.
— Duratele de funcționare a grupurilor, respectiv a cazanelor sînt:

1. Funcționare automată:

$$T_{fmed} = 8760 - T_{rep} = 8000 \text{ ore/an.}$$

2. Funcționare semiautomată:

$$T_{fmed} = 6500 \text{ ore/an;}$$

$$T_1 = 7000 \text{ ore/an;} \quad T_2 = 5400 \text{ ore/an;} \quad T_3 = 7100 \text{ ore/an.}$$

— Coeficienții de uzură sînt 0,95 pentru cazane și 0,96 pentru grupuri cînd centrala funcționează în regimul 2 și 0,97 cînd centrala funcționează în regimul 1.
— Alimentarea centralei se face cu cărbune în ambele ipoteze de funcționare.
— Benzile transportoare au trei căderi pe an, fiecare cădere necesitînd 20 ore de revizie.
— Stațiile de descărcarea combustibilului au un timp neproductiv de circa 50 ore/an.
— Calificarea lucrătorilor din sala cazanelor este de circa 0,95 în raport cu cea necesară, la nivelul sălii turbinelor coeficientul de calificare este 0,93. Absența forței de muncă la nivelul gospodăriei de combustibil este de 40 ore pe an, la nivelul sălii cazanelor de 60 ore/an și la nivelul sălii mașinilor de 50 ore/an.
— Pe partea electrică a centralei se înregistrează o serie de defecțiuni care întrerup funcționarea instalației circa 40 ore/an. De asemenea se face un număr de manevre necorespunzătoare pentru care se consumă circa 50 ore/an în vederea restabilirii regimului normal de funcționare. Datorită defecțiunilor provocate atît de cauze interne cît și de cele provenite din sistem centrala livrează energie de calitate necorespunzătoare pe o durată de circa 120 ore/an.

Se cere:

a) Calcularea entropiei informaționale pe subsistemele centralei electrice.
b) Determinarea gradului de organizare pentru cele două situații caracteristice exploatării centralelor electrice de mare putere.

Rezolvare

A. Entropia informațională pentru o centrală electrică automată care funcționează 8000 ore/an se determină însumînd comentropiile la nivelul

Scanned with OKEN Scanner

subsistemelor componente: gospodăria de combustibil, sala cazanelor, sala mașinilor, partea electrică a centralei.

$$H_t = \left[\sum_{k=1}^{n} p_k \log_2 \frac{1}{p_k} + \sum_{k=1}^{n} q_k \log_2 \frac{1}{q_k}\right] \text{[biți]};$$

$$H_{l_1}^A = H_{GC1} + H_{SCM1} + H_{PEC1} \quad \text{(schemă bloc)};$$

$$H_{l_2}^A = H_{GC2} + H_{SC2} + H_{SM2} + H_{PEC2}.$$

Comentropia H_{GC} cuprinde comentropia introdusă de defectarea stației de descărcare și a benzilor de transport.

$$H_{GC1}^A = H_{SC1}^I + H_{GC1}^{II} = 0{,}993 \log_2 \frac{1}{0{,}993} + 0{,}007 \log_2 \frac{1}{0{,}007} +$$

$$+ 0{,}994 \log_2 \frac{1}{0{,}994} + 0{,}006 \log_2 \frac{1}{0{,}006} = 0{,}112 \text{ [biți]}.$$

Comentropia H_{SCM1} cuprinde comentropia introdusă de perturbațiile datorate reparațiilor și uzurilor.

$$H_{SCM1}^A = H_{SCM1}^I + H_{SCM1}^{II} = 3\left(0{,}913 \log_2 \frac{1}{0{,}913} + 0{,}087 \log_2 \frac{1}{0{,}087}\right) +$$

$$+ 3\left(0{,}97 \log_2 \frac{1}{0{,}97} + 0{,}03 \log_2 \frac{1}{0{,}03}\right) = 1{,}86 \text{ [biți]}.$$

Comentropia H_{PEC1} este generată de perturbațiile datorită întreruperii funcționării conexiunilor electrice.

$$H_{PEC1}^A = H_{PEC1}^I + H_{PEC1}^{II} = 0{,}995 \log_2 \frac{1}{0{,}995} + 0{,}005 \log_2 \frac{1}{0{,}005} +$$

$$+ 0{,}986 \log_2 \frac{1}{0{,}986} + 0{,}014 \log_2 \frac{1}{0{,}014} = 0{,}151 \text{ [biți]};$$

$$H_{l_1}^A = 2{,}123 \text{ [biți]}.$$

Comentropia sistemului cibernetic în ipoteza 2 de funcționare crește la nivelul sălii cazanelor și sălii mașinilor și are valoarea:

$$H_{l_2}^A = H_{GC2} + H_{SC2} + H_{SM2} + H_{PEC2};$$

$$H_{l_2}^A = H_{GC1} + 2H_{SCM1} + H_{PEC1} = 3{,}983 \text{ [biți]}.$$

B. Comentropia unui sistem cibernetic (1000 MW) cu funcționarea semiautomată se calculează astfel:

$$H_{l_1}^B = H_{GC1} + H_{SCM1} + H_{PEC1};$$

$$H_{l_2}^B = H_{GC2} + H_{SC2} + H_{SM2} + H_{PEC2};$$

$$H_{GC1} = H_{GC}^d + H_{GC}^{mm} + H_{GC}^{fm} = 0{,}059 + 0{,}053 + 0{,}042 = 0{,}154 \text{ [biți]};$$

Scanned with OKEN Scanner

$$H_{SCM1} = H^{uz}_{SCM} + H^{rep}_{SCM} + H^{fm}_{SCM} = 3 \cdot 0{,}286 + 0{,}799 \log_2 \frac{1}{0{,}799} +$$

$$+ 0{,}201 \log_2 \frac{1}{0{,}201} + 0{,}616 \log_2 \frac{1}{0{,}616} + 0{,}384 \log_2 \frac{1}{0{,}384} +$$

$$+ 0{,}811 \log_2 \frac{1}{0{,}811} + 0{,}189 \log_2 \frac{1}{0{,}189} + 0{,}93 \log_2 \frac{1}{0{,}93} +$$

$$+ 0{,}07 \log_2 \frac{1}{0{,}07} + 0{,}993 \log_2 \frac{1}{0{,}993} + 0{,}007 \log_2 \frac{1}{0{,}007} =$$

$$= 3{,}664 \text{ [biți]};$$

$$H_{PEC1} = H^{A}_{PEC1} + 0{,}994 \log_2 \frac{1}{0{,}994} + 0{,}006 \log_2 \frac{1}{0{,}006} = 0{,}204 \text{ [biți]}.$$

$$H^{B}_{t_1} = 4{,}022 \text{ [biți]};$$

$$H^{B}_{t_2} = H_{GC2} + H^{uz}_{SC} + H^{rep}_{SC} + H^{fm}_{SC} + H^{uz}_{SM} + H^{rep}_{SM} + H^{fm}_{SM} + H_{PEC2} =$$

$$= 0{,}154 + 0{,}858 + 2{,}382 + 0{,}059 + 0{,}286 + 0{,}728 + 2{,}382 +$$

$$+ 0{,}053 + 0{,}365 + 0{,}151 = 7{,}418 \text{ [biți]}.$$

Gradul de organizare al sistemului cu funcționare semiautomată este:

$$G_{01} = \frac{H^{A}_{t_1}}{H^{B}_{t_1}} = \frac{2{,}123}{4{,}022} = 0{,}528 \rightarrow 52{,}8\%;$$

$$G_{02} = \frac{H^{A}_{t_2}}{H^{B}_{t_2}} = \frac{3{,}983}{7{,}418} = 0{,}537 \rightarrow 53{,}7\%.$$

Schema logică de calcul a gradelor de organizare (G_0) se poate urmări pe figura 57, *b*.

Problema 97

Se consideră o C.T.E. în care există 7 cazane (6 + 1 rezervă) de aburi de 230 t/h cu parametri 100 at și 510°C, care alimentează (5 + 1 rezervă) grupuri de 25 MW fiecare. Combustibilul folosit este gazul metan și gazul de furnal la un $p^c_e = 218$ lei/t.c.c.

Se automatizează cazanele de aburi ceea ce are repercusiuni asupra investițiilor și asupra cheltuielilor anuale după cum urmează:

— Economiile ce se realizează se obțin prin: mărirea randamentului cazanului și a turbinei, reducerea consumului serviciilor interne a personalului din exploatare și cele realizate la zidăria refractară.

— Investiții pentru fiecare instalație de automatizare se cifrează la $3 \cdot 10^6$ lei ceea ce reclamă un fond de $21 \cdot 10^6$ lei pentru automatizarea sălii cazanelor $i^m_{sp} = 1200$ lei/t.c.c.

— Pentru efectuarea calculelor de eficiență a automatizării în vederea construirii deciziei de adaptare a calculatorului la nivelul centralei electrice se presupun cunoscute următoarele: $p^c_e = 218$ lei/t.c.c.; $C_e = 0{,}35\%$ (economia

Scanned with OKEN Scanner

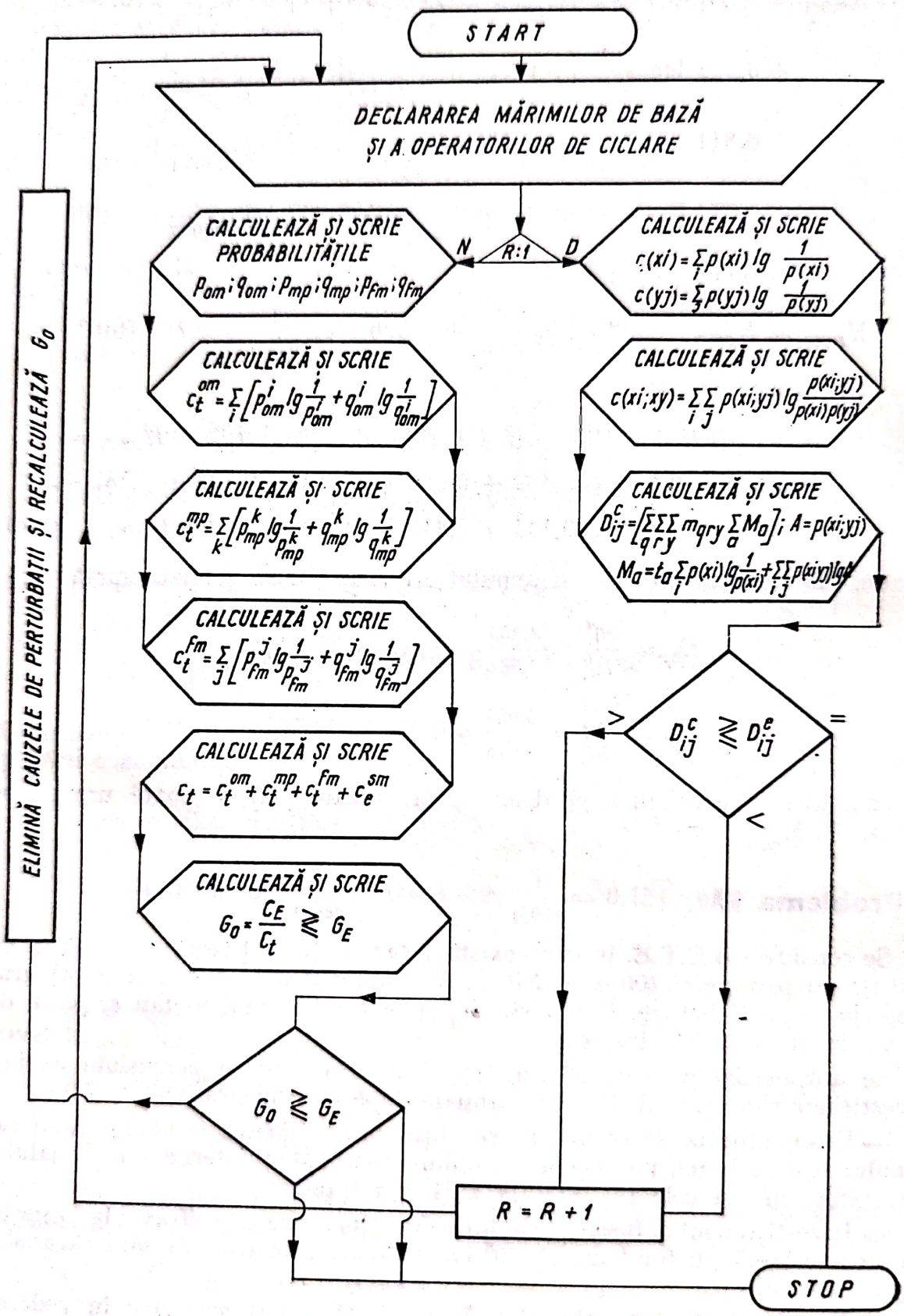


Fig. 57, *b*

Scanned with OKEN Scanner

de combustibil; i abur = 813 kcal/kg; i apa = 230 kcal/kg; t_f = = 7000 ore/an; $\Delta E_{si} = 0{,}2\%$; $k = 0{,}85$; $r = 24\,000$ lei/lucrător și an. $n = 50$ specialiști se reținpentru exploatarea calculatorului; $p_z = 5000$ lei/an pentru 100 t/h. Introducerea calculatorului permite o reducere a personalului operativ în proporție de 60% din cel existent înainte de automatizarea centralei.

Să se determine:

1) Economiile rezultate prin automatizarea cazanelor și calcularea cheltuielilor anuale de exploatare.
2) Investițiile și cheltuielile de amortizare considerînd cota de amortizare 4% din investiții.
3) Termenul de recuperare în ipoteza investițiilor conexe diferite de zero.

Rezolvare

1) Economiile rezultate prin automatizarea cazanelor se referă la: combustibil; servicii interne; personal; întreținere și reparații.

Economii la combustibil

$$C_c^e = \Delta B \cdot p_c^c = \Delta B \cdot 218 \text{ lei/an};$$

$$p_c^c = 218 \text{ lei/t.c.c. de gaz};$$

$$B_i^e = B_{cazan}^e + B_{turbină}^e;$$

$$B_{cazan}^e = (B_f^h - B_{aut}^h) \cdot h;$$

$$B_{turbină}^e = \frac{C_e}{100} B_f^h \cdot h; \quad C_e = 0{,}35\%;$$

$$B_{aut}^h = \frac{D \cdot (i_{abur} - i_{apă})}{\eta_{aut} \cdot q_{ci} \cdot 10^3} = \frac{230 \cdot 10^3 (813 - 230)}{0{,}877 \cdot 7000 \cdot 10^3} = 21{,}8 \text{ t.c.c./h};$$

$$\eta_{aut} = 0{,}3 \times 0{,}94 + 0{,}7 \times 0{,}85 = 87{,}7\% \begin{cases} \nearrow 40\% \ CH_4; \\ \searrow 70\% \text{ gaz de furnal}; \end{cases}$$

$$B_f^h = \frac{D(i_{abur} - i_{apa})}{\eta_{cf.} \cdot q_{cc} \cdot 10^3} = \frac{230 \cdot 10^3 (813 - 230)}{0{,}867 \cdot 7000 \cdot 10^3} = 22{,}1 \text{ t.c.c./h};$$

$$\eta_{faut} = \eta_{aut} - \Delta\eta = 86{,}7;$$

$$\Delta B_{cazan} = (22{,}1 - 21{,}8)7000 = 2100 \text{ t.c.c./an};$$

$$\Delta B_{turb.}^e = \frac{0{,}35}{100} \times 22{,}1 \times 7000 = 540 \text{ t.c.c./an};$$

$$C_c^e = (2100 + 540) \times 218 = 575 \cdot 10^3 \text{ lei/an}.$$

Economiile pentru serviciile interne:

$$C_{si}^e = \Delta E p_e = \frac{0{,}2}{100} \cdot E_{S_i} \cdot 0{,}3;$$

$$E_p = P_i t_f = 6 \times 25 \times 10^3 \times 7000 = 1050 \cdot 10^6 \text{ kWh/an};$$

$$C_{si}^e = \frac{0{,}2}{100} \cdot 0{,}06 \cdot 1050 \cdot 10^6 \cdot 0{,}3 = 37{,}8 \cdot 10^3 \text{ lei/an}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Economii din reducerea personalului de exploatare:

$$C_p^e = N \times r_p = [0{,}6(50 \cdot k\sqrt{P_i} - P_i)\, r_p - \Delta n \cdot r_p];$$

$$C_N^2 = [0{,}6(50 \cdot 0{,}85\sqrt{150} - 150) - 50]\, 24\,000 = 4{,}1 \cdot 10^6 \text{lei/an}.$$

Δn = personalul ce se reține în centrala pentru exploatarea instalațiilor de automatizare.

Economiile la cheltuielile de întreținere și reparații se realizează la zidăria refractară care se schimbă mai rar. Se consideră prețul de înlocuire = = 5000 lei/an la 100 t abur/oră.

$$C_z^e = \frac{230}{100} \times 5000 = 11\,500 \text{ lei/an pentru un cazan}$$

Economiile totale se determină astfel:

$$C_i^e = C_c^e + C_{si}^e + C_p^e + C_z^e = 7{,}557 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

2) La un cazan de 230 t/h investițiile cresc cu $3 \cdot 10^6$ lei/an cînd se automatizează.

Investițiile totale pentru automatizare au valoarea:

$$I_{aut.} = 3 \cdot 10^6 \times 7 = 21 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

Cheltuielile de amortizare a investițiilor de automatizare se determină astfel:

$$C_a = I_{aut.} C_{amort.} = 21 \cdot 10^6 \cdot 0{,}04 = 0{,}844 \cdot 10^6 \text{ lei}.$$

Economiile totale ocazionate de introducerea automatizării au valoarea:

$$C_c^e = C_i^e - C_a = 7{,}5757 \cdot 10^6 - 0{,}84 \cdot 10^6 = 6{,}7357 \cdot 10^6 \text{ lei}.$$

Dacă se ține seama de investițiile pentru deschiderea minelor și a sondelor atunci rezultă:

$$I_{convexe} = B_c^e p_{sp}^m = 2640 \times 1200 = 3{,}17 \cdot 10^6 \text{ lei}.$$

3) Termenul de recuperare al investițiilor se determină astfel:

$$t_r = \frac{I_{sup.}}{C_e^e} = \frac{21 \cdot 10^6 - 3{,}17 \cdot 10^6}{6{,}7357 \cdot 10^6} = 2{,}65 \text{ ani} < 12{,}5 \text{ ani}.$$

Întrucît termenul de recuperare calculat este mai mic ca cel normat rezultă că instalația automatizată este eficientă sub aspect tehnico-economic.

Problema 98

În vederea elaborării unui program optim de investiții în domeniul energeticii se preconizează construirea unor centrale pentru acoperirea curbei de sarcină a consumatorului. Alegerea soluției optime pe baza teoriei deciziei presupunem studierea a patru variante de proiectare după cum urmează:

— Proiectarea și construirea de centrale termoelectrice (*C.T.E.*)

— Proiectarea și construirea de centrale hidroelectrice cu baraj ($C.H.E_1$).

Scanned with OKEN Scanner

— Proiectarea și realizarea de centrale hidroelectrice fără ecluze ($C.H.E_2$).

— Proiectarea și realizarea de centrale hidroelectrice cu ecluze ($C.H.E_3$).

Eficiența realizării acestor tipuri de centrale depinde de condițiile climaterice (inundații, secetă, geruri etc.), de prețul combustibilului și de posibilitatea de transport. Se consideră că la proiectare intervin patru stări ale naturii notate: N_1; N_2; N_3; N_4. Efectele economice care dau sporul procentual al venitului național în raport cu investițiile realizate se pot urmări în tabelul 130

Tabelul 130

Starea naturii / Tipul de centrale electrice	N_1	N_2	N_3	N_4
Centrale termoelectrice	5	2	8	4
Centrale hidroelectrice cu baraj	2	3	4	12
Centrale hidroelectrice fără ecluze	8	5	3	10
Centrale hidroelectrice cu ecluze	1	4	2	8

Se cere:

1) Scrierea criteriilor de decizie în condiții de incertitudine.

2) Alegerea soluției optime prin aplicarea teoriei deciziei.

Rezolvare

1) Criteriile de decizie în condiții de incertitudine operează cu următoarele modele matematice:

Criteriul Laplace $F_e = \max_i \left| \sum \frac{p_{ij}}{n} \right|$

Criteriul Wald-Neuman $F_e = \max_i \min_j p_{ij}$

Criteriul Hurwitz $F_e = \max_i (\alpha A_i + (1 - \alpha)\, a_i)$

$A_i = \max_j p_{ij}$; $a_i = \min_j p_{ij}$

Criteriul Savage $R_e = \text{minim} \max r_{ij}$

Criteriul Bayes—Laplace $F_e = \max \left| \sum \frac{p_{ij} P_j}{n} \right|$

P_j = probabilitatea de desfășurare a evenimentelor;

n = numărul stărilor

2) Aplicînd criteriul (max, min) pe linii se obțin valorile din tabelul 131

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 131

Starea naturii / Tipul centralelor	N_1	N_2	N_3	N_4	$\min_j p_{ij}$	$\max_j p_{ij}$	Media
$C.T.E.$	5	2	8	4	2	8	4,75
$C.H.E_1$.	2	3	4	12	2	12	5,25
$C.H.E_2$.	8	5	3	10	3	10	6,5
$C.H.E_3$.	1	4	2	8	1	8	3,75

Se observă că $(\max_i \min_j p_{ij}) = 3$; iar $\min_i (\max_j p_{ij}) = 8$

Aceasta presupune că se pot construi centrale termoelectrice ($\min_i \max_j p_{ij} = 8$) sau $C.H.E_2$. la care ($\max_i \min_j p_{ij} = 3$).

Decizia adaptată pe baza criteriului (min, max) ia în considerație stările naturii cele mai defavorabile pentru om.

Această strategie compusă dintr-o suită de decizii este extrem de prudentă. Dacă se adoptă cea mai favorabilă stare a naturii (N_4) atunci decidentul este prea optimist și poate recomanda o soluție prea riscantă. Dacă se calculează mărimea medie a valorilor de minim și maxim după criteriile prudenței maxime atunci trebuie adoptată varianta $C.H.E_1$., deci se construiesc centrale hidroelectrice cu baraj.

Prin aplicarea criteriului Bayes-Laplace se calculează speranța matematică a rentabilității corespunzătoare deciziei de a construi centrale electrice în cele patru variante ca de exemplu:

$$SM_1 = 5\left(\frac{1}{4}\right) + 2\left(\frac{1}{4}\right) + 8\left(\frac{1}{4}\right) + 4\left(\frac{1}{4}\right) = 4\left(\frac{3}{4}\right);$$

$$SM_2 = 5\left(\frac{1}{4}\right); \quad SM_3 = 8\left(\frac{1}{2}\right); \quad SM_4 = 3\left(\frac{1}{4}\right).$$

Întrucît cea mai mare speranță matematică apare la varianta a treia înseamnă că aplicînd acest criteriu trebuie să se construiască centrale hidroelectrice fără ecluze.

Acest criteriu se aplică numai dacă se cunosc probabilitățile apariției stărilor naturii ceea ce se poate constata pe baze statistice ale repetării fenomenelor naturale.

În cazul aplicării acestui criteriu s-a presupus că probabilitățile apariției diferitelor stări ale naturii sînt aceleași, adică s-a plecat de la principiul echiprobabilității fenomenelor, dar această simplificare conține o doză maximă de subiectivism.

Pentru a preîntîmpina neajunsurile criteriilor aplicate se recurge la criteriul deciziei eronate sau criteriul lui Savage. Acest criteriu are la bază matricea pierderilor ce se obțin cînd s-a adaptat o variantă în raport cu varianta optimă. Această matrice cuprinde „regretul" că nu s-a ales varianta cît mai apropiată de cea optimă. Matricea regretelor se construiește scăzînd ele-

Scanned with OKEN Scanner

mentele tabelului 131 din valoarea $\min_i \max_j p_{ij} = 8$. Astfel se arată că varianta de construcție este C.H.E$_1$. dacă se aplică criteriul de decizie Savage la selectarea variantelor din tabelul 132. Dacă se construiesc C.T.E. cînd apare starea naturii (N_1) atunci pierderea provocată de decizia eronată va fi (8—5 = = 3) cînd se construiesc celelalte tipuri de centrale pierderile vor fi (8 — 2 = = 6); (8 — 8 = 0); (8 — 1 = 7). La fel se procedează și pentru celelalte coloane N_2; N_3; N_4 din tabelul 131 și se obțin valorile din tabelul 132

Tabelul 132

Starea naturii / Tipul centralei	N_1	N_2	N_3	N_4	$\max_j p_{ij}$
Centrale termo	3	3	0	8	8
Centrale hidro cu baraj	6	2	4	0	6
Centrale hidro fără ecluze	0	0	5	2	5
Centrale hidro cu ecluze	7	1	6	6	7

Înscrierea lui zero în matrici arată că adaptarea acestor variante duce la pierderi minime.

Aplicarea criteriului Savage la alegerea variantei optime conduce la $\min_i \max_j a_{ij} = 5$ și deci construirea de centrale hidroelectrice fără ecluze devine eficientă din punct de vedere economic.

Problema 99

În vederea aplicării teoriei jocurilor matematice la determinarea variantei optime de alegere a sistemului energetic în viitor, se fac următoarele considerațiuni:

a) Presupunem două variante de sistem în discuție:

— V_1: evoluția actualului sistem energetic spre un sistem complet electroenergetic; instalațiile viitorului sistem au ajuns deja la maturitate tehnologică;

— V_2: evoluția actualului sistem energetic spre un sistem denumit în continuare ecoenergetic care se bazează, în ceea ce privește energiile secundare, în proporție de 80 ... 90% pe hidrogen și de 10 ... 20% pe energia electrică; deci un sistem nepoluant (sau foarte puțin poluant); instalațiile din viitorul sistem nu au ajuns încă la maturitate tehnologică;

Scanned with OKEN Scanner

b) se va face o comparație privind evoluția în timp a celor două sisteme presupunînd că acoperă simultan aceeași sarcină (sau sarcini identice). Evoluția sistemelor luate în considerare se face în contextul dezvoltare-efort de depoluare. Deci pentru fiecare variantă de sistem în parte, se studiază evoluția sa pe măsura producției din ce în ce mai mare de energie (deci a dezvoltării) și a efortului de depoluare. Evoluția sistemului se modelează prin evoluția costului unitar al energiei, $C_{1(2)}$ și a poluării totale dată de sistem, $P_{1(2)}$. Se va obține pentru fiecare sistem în parte un joc matematic dezvoltare-depoluare;

c) — V_1 se va baza pe combustibili fosili în proporție de cel puțin 70% (dată de variația sarcinii), restul putînd fi acoperit cu combustibil nuclear;

— V_2 se poate baza exclusiv pe energia nucleară (fisiune sau fuziune), deoarece energia secundară (hidrogenul) se poate stoca;

d) Se consideră poluarea dată de centralele nucleare nulă;

e) Prețul unitar mediu de vînzare al energiei pentru sistemul clasic în momentul de față se consideră a fi $C_1 = 40$ bani/kWh iar prețul de vînzare ipotetic pentru sistemul ecoenergetic $C_2 = 112$ bani/kWh. Se consideră poluarea dată de actualul sistem, astăzi de $P_1 = 1000$ puncte, iar cea dată de ipoteticul sistem ecoenergetic $P_2 = 75$ puncte. Prin rezolvarea problemei se urmărește:

f) Stabilirea variației costului $C_{1(2)}$ cu dezvoltarea „u" deci $C_{1(2)} = C_{1(2)}(u)_{v=ct}$ și cu efortul de depoluare „v", $C_{1(2)} = C(v)_{u=ct}$, iar apoi a variației totale $C_{1(2)} = C_{1(2)}(u, v)$. Se va considera pentru dezvoltare o dublare a cererii de energie pentru un anumit interval de timp (ex: 10 ani sau 20 ani) și se va face un studiu pentru 4 stadii de dezvoltare (deci 30 ani sau 60 ani); analog pentru efortul de depoluare se vor considera 4 stadii de dublare a efortului de depoluare;

— Stabilirea variației poluării cu dezvoltarea $P_{1(2)}(u)_{v=ct}$ și depoluarea $P_{1(2)}(v)_{u=ct}$ la cele două sisteme, precum și global $P_{1(2)}(u, v)$ pentru aceleași stadii ale lui u și v;

— Stabilirea structurii jocului și a modelului matematic pentru cele două variante de sistem și determinarea matricei plăților pentru cele două jocuri;

— Pentru rezolvarea problemei se pleacă de la următoarele precizări:

S-a considerat stadiul actual de dezvoltare caracterizat prin puterea instalată a consumatorului $u_0 = 40\,000$ MW putere totală, și $u_1 = 2\ u_0$, $u_2 = 2u_1$, $u_3 = 2\ u_2$ cele 4 stadii de dezvoltare.

Pentru $C_{1(2)}$: s-a considerat o creștere parabolică cu efortul de depoluare „v".

C_1: scade liniar cu dezvoltarea iar C_2 scade hiperbolic cu „u".

$P_{1(2)}(u)_{v=ct}$: creșterea liniară a poluării cu dezvoltarea. Pentru P_1 s-a considerat variația mai accentuată decît pentru P_2.

$P_{1(2)(v)u=ct}$: scade hiperbolic cu efortul de depoluare. Variația costului (c) funcție de (u) și (v) se dă în fig. 58. Pentru a stabili $C_{1(2)} = C_{1(2)}(u)_{v=ct}$ s-a avut în vedere faptul că în cazul 1 (sistemul făcînd uz de tehnologii maturizate) scăderea costului cu dezvoltarea este foarte slabă, pe cînd în cazul 2 (în care tehnologiile nu sînt încă matrițe), se pot aștepta mari reduceri de

Scanned with OKEN Scanner

prețuri. Pe baza acestor considerații se pot formula expresiile de calcul ale mărimilor C_1; C_2 și P_1; P_2 sub forma:

$$C_1(u_i, v_j) = \frac{(40{,}2 - 0{,}005\,u_i)\left[40 + \left(\frac{v_j - v_0}{v_0}\right)^2\right]}{40};$$

$$C_2(u_i, v_j) = \frac{\frac{6720}{u_i + 20}\left[112 + \left(\frac{v_j - v_0}{v_u}\right)^2\right]}{112};$$

$$P_1(u_i, v_j) = \frac{1}{600}[15(u_i - 40) + 60]\frac{1800}{\frac{v_j}{v_0} + 2} + \frac{1}{250}[4{,}6875(u_i - 40) +$$

$$+ 250]\frac{937{,}5}{\frac{v_j}{v_0} + 2{,}75} + \frac{1}{150}[3{,}75(u_i - 40) + 150]\frac{4500}{\frac{v_j}{v_0} + 29};$$

$$P_2(u_i, v_j) = \frac{1}{50}[0{,}33(u_i - 40) + 50]\frac{500}{\frac{v_j}{v_0} + 9} + \frac{1}{25}[0{,}025(u_i - 40) + 25]\frac{1500}{\frac{v_j}{v_0} + 59};$$

$$u_i \in U = \{u_0, u_1, u_2, u_3\};$$

$$v_j \in V = \{v_0, v_1, v_2, v_3\}.$$

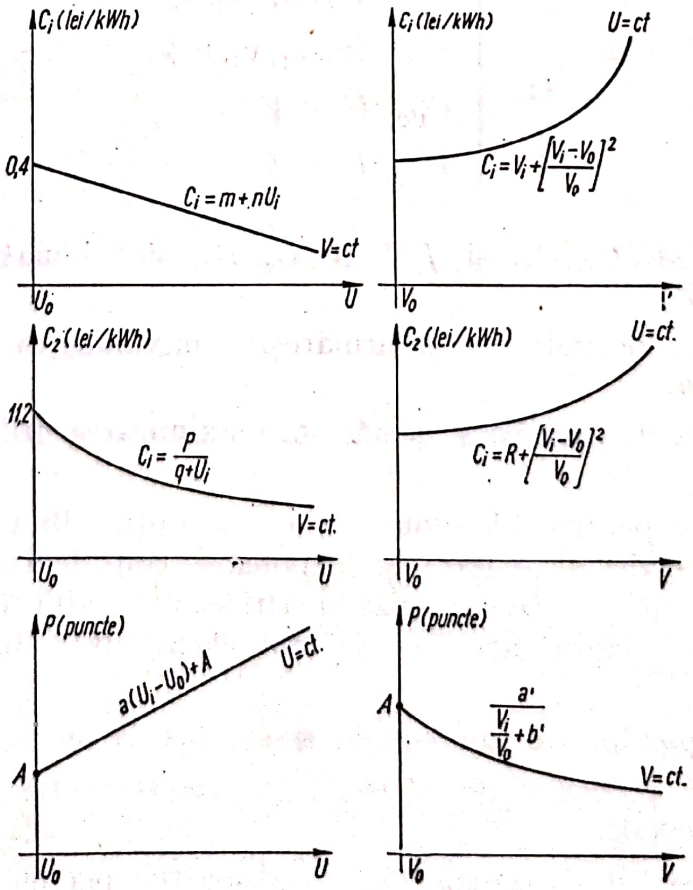


Fig. 58

Scanned with OKEN Scanner

Pentru poluare s-au considerat trei componente și anume: poluarea chimică, poluarea calorică și poluarea estetică: $P = P$ chimică $+ P$ calorică $+ P$ estetică. În cazul sistemului ecoenergetic $P_{\text{chimică}} = 0$. Coeficienții din relațiile anterioare se stabilesc pe baza datelor din literatura de specialitate așa fel încît variația mărimilor C_1; C_2; P_1 și P_2 să respecte ipotezele impuse prin enunț.

Rezolvare

Societatea urmărește obținerea maximului de energie la un cost unitar cît mai mic și la o poluare a mediului cît mai mică. Există o contradicție: obținerea maximului de energie la un cost unitar minim pe de o parte și poluare minimă pe de altă parte. Cu cît producția de energie este mai mare poluarea crește, iar poluarea nulă implică dezvoltarea nulă (inexistența sistemului), situație ce nu convine partenerilor de joc: Ministerul Energiei Electrice și Comitetul Național pentru Protecția Mediului, primul (MEE) care controlează dezvoltarea și urmărește obținerea de energie la un cost minim, iar celălalt, care controlează depoluarea, urmărește obținerea minimului de poluare. Această situație poate fi modelată printr-un joc matematic dezvoltare-depoluare (dezvoltarea și depoluarea fiind vectorii de decizie ai celor doi jucători) cu funcțiile de cîștig $C_{1(2)}$ și $P_{1(2)}$. Deci se formează două jocuri, unul pentru sistemul clasic și altul pentru sistemul ecoenergetic. Notăm jocurile astfel:

$$J_{1(2)} \begin{cases} U = \{u_0, u_1, u_2, u_3\} \\ V = \{v_0, v_1, v_2, v_3\} \\ C_{1(2)}: U \times V \\ P_{1(2)}: U \times V \end{cases}$$

Jocurile J_1 (U, V, C_1, P_1) și $J_2(U, V, C_2, P_2)$ sînt bimatriciale. Cei doi jucători ar putea fi:

J_1 — controlează dezvoltarea și urmărește maximizarea utilității sale, deci: $\max[-C_{1(2)}(u, v)]$;

J_2 — controlează depoluarea și urmărește maximizarea utilității sale, deci: $\max. [-P_{1(2)}(u, v)]$.

Matricele plăților pentru cele două jocuri se obțin dînd valorile corespunzătoare stadiilor de dezvoltare și depoluare considerate în expresiile $C_{1(2)}$ (u, v) și $P_{1(2)}$ (u, v). Din analiza matricelor rezultă clar necesitatea cooperării celor doi jucători atît în sistemul clasic cît și în sistemul ecoenergetic.

I. Rezolvarea jocului de competiție a condus la următoarele soluții:

Pentru J_1: rezultă perechea de strategii (u_3, v_3) respectiv perechea cost-poluare (85, 88; 2958,02);

Pentru J_2: perechea de strategii (u_3, v_3) respectiv perechea cost-poluare (29,4; 112,42).

Scanned with OKEN Scanner

Sistem clasic

J_1

$C_1(u_i, v_j)$

J_1 / J_2	V_0	V_1	V_2	V_3
u_0	40	41	49	89
u_1	39,8	40,8	48,75	88,55
u_2	39,4	40,38	48,26	87,66
u_3	38,6	39,56	47,28	85,88

(a)

$P_1(u_i, v_j)$

J_1 / J_2	V_0	V_1	V_2	V_3
u_0	1000	729,53	575,25	388,83
u_1	1937,5	1535,71	1115,71	755,86
u_2	3812,5	3022,1	2196,8	1489,9
u_3	7562,5	5994,8	4358,9	2958,02

(b)

Sistem ecoenergetic

J_1

$C_2(u_i, v_j)$

J_1 / J_2	V_0	V_1	V_2	V_3
u_0	112	113	121	161
u_1	67,2	67,8	72,6	96,6
u_2	37,33	37,66	40,33	53,66
u_3	19,76	19,93	21,35	29,4

(a)

$P_2(u_i, v_j)$

J_1 / J_2	V_0	V_1	V_2	V_3
u_0	75	70,04	62,27	21,8
u_1	89,2	83,02	73,37	60,45
u_2	117,6	109	95,59	77,77
u_3	174,4	160,91	140,01	112,42

(b)

II. Rezolvarea jocului de cooperare a condus la soluții de formă: Pentru J_1: perechea de strategii (u_0, v_0), deci perechea cost-poluare (40; 1000).

Pentru J_2: perechea de strategii (u_3, v_3), deci aceeași soluție ca în cazul jocului de competiție perechea cost-poluare (29,4; 112,42).

Soluția jocului de cooperare poate fi interpretată în felul următor: sistemul energetic actual și evoluția sa spre un sistem electroenergetic total duce la stagnare, dată de strategia optimă u_0 (dezvoltarea actuală este și cea optimă — deci, cu cît se dezvoltă mai mult, cu atît sistemul energetic se îndepărtează de optim). Adoptarea sistemului ecoenergetic, deci implicit adoptarea strategiei u_3, duce la dezvoltarea în continuare a societății din punct de vedere energetic, deoarece u_3 este strategia dezvoltării maxime în modelul considerat.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 100

Fie configurația de sistem din fig. 59 cu trei centre de consum S_1, S_2, S_3 și două centrale de producere g_1 și g_2. Centrul S_3 este alimentat prin două linii electrice aeriene din centralele g_1 și g_2.

Se cere să se găsească soluția de dezvoltare a sistemului știind că în viitor sarcinile P_{S_1}, P_{S_2}, P_{S_3} vor crește pînă la următoarele valori:

Puteri existente în centrale: $P_{g_1} = 300$ MW;
$P_{g_2} = 600$ MW.

Valori de perspectivă ale sarcinii: $P_{S_1} = 500$ MW;
$P_{S_2} = 700$ MW;
$P_{S_3} = 1300$ MW.

Liniile existente: $P_{13\,max} = 300$ MW;
$P_{23\,max} = 450$ MW.

Variantele luate în discuție se referă la:

— Dezvoltarea centrelor 1 și 2.
— Construirea în centrul 3 a unei centrale noi.
— Construirea unor linii noi pe lîngă cele existente.

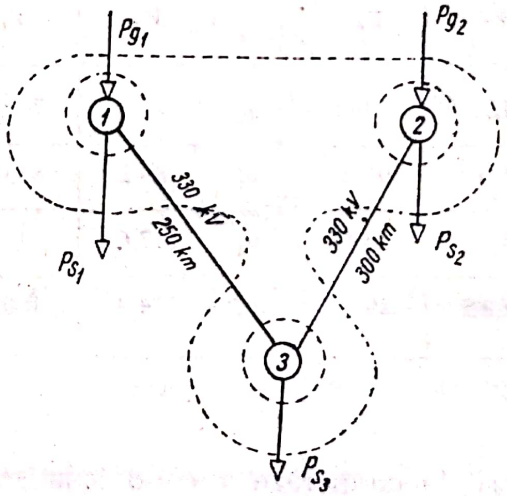


Fig. 59

Rezolvare

Modelul matematic are următoarea structură:

$$Z = c_1x_{g_1} + c_2x_{g_2} + c_3x_{g_3} + c_4x'_{13} + c_6x_{13} + c_5x'_{23} + c_1x_{23} = \text{minim.}$$

Restricții:

— pe liniile existente nu poate circula o putere mai mare ca cea maximă:

$$x_{13} \leqslant 300 \text{ MW};$$
$$x_{23} \leqslant 450 \text{ MW};$$

Scanned with OKEN Scanner

— puterea produsă în nodul 1(2), (atît cea deja instalată cît și cea nouă) trebuie să acopere sarcina nodului respectiv iar cu restul să fie încărcate liniile din nodul 1(2):

$$x_{g_1} + P_{g_1} = P_{s_1} + x_{13} + x'_{13}$$

$$x_{g_2} + P_{g_2} = P_{s_2} + x_{23} + x'_{23}$$

— puterea absorbită de nodul 3 trebuie să-i fie dată de cea generată aici și în plus de cea transportată de liniile ce intră în nod:

$$x_{g_3} + x_{13} + x_{23} + x'_{13} + x'_{23} = P_{s_3}$$

Condiții de nenegativitate:

$$x_{g_1}, x_{g_2}, x_{g_3}, x_{13}, x'_{13}, x_{23}, x'_{23} \geq 0$$

în care:

		Costurile
x_{g_1} =	puterea nouă ce trebuie instalată în centrala 1	C_1
x_{g_2} =	idem în centrala 2	C_2
x_{g_3} =	puterea nouă ce trebuie instalată (chiar P_i) în centrala 3	C_3
x'_{13} =	puterea ce se va instala (într-o linie nouă) în centrala 13.....	C_4
x_{13} =	puterea ce trebuie să circule pe linia 13 existentă ..	C_6
x'_{23} =	puterea ce se va instala (într-o linie nouă) în centrala 23.....	C_5
x_{23} =	puterea ce trebuie să circule pe linia 23 existentă	C_7

unde:

$C_1 = 1000$ lei/kW; $C_2 = 980$ lei/kW, $C_3 = 1090$ lei/kW;

$C_4 = 60$ lei/kW; $C_5 = 70$ lei/kW; $C_6 = 19$ lei/kW;

$C_7 = 23$ lei/kW.

Rezolvarea problemei conduce la o soluție de forma:

$x_{g_1} = 500$ MW; $x_{13} = 300$ MW; $x_{23} = 450$ MW;

$x_{g_2} = 550$ MW; $x'_{13} = 0$; $x'_{23} = 0$;

$x_{g_3} = 550$ MW.

Din analiza datelor de calcul rezultă că este rațional să se construiască o centrală nouă în nodul 3.

De asemenea este de preferat dezvoltarea centralelor vechi și încărcarea liniilor existente pînă la limita maximă posibilă.

Problema 101

Se consideră o C.T.E. cu două grupuri de 100 MW și respectiv de 200 MW. Consumul specific de combustibil convențional pentru fiecare grup este de 0,4 respectiv 0,3 t.c.c./MWh. Se cere determinarea puterii (constantă în de-

Scanned with OKEN Scanner

cursul unei zile) cu care se va încărca fiecare grup astfel încît să se obțină o producție maximă de energie la nivelul centralei electrice știind că se dispune de 200 t.c.c./zi.

Rezolvare

1) $E = 24\ x_1 + 24\ x_2 = \text{maxim.}$
2) $x_1 \leqslant 100 \qquad x_2 \leqslant 200$
3) $24(0{,}4\ x_1 + 0{,}3\ x_2) \leqslant 2000$
4) $x_1 - x_3 = 100;\ x_2 + x_4 = 200$
5) $9{,}6\ x_1 + 7{,}2\ x_2 + x_3 = 2000$

Programul conține trei restricții și cinci variabile.

O soluție de bază va conține trei variabile nenule și două variabile nule.

Forma matricială a modelului (1÷5) se scrie astfel:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 9{,}6 & 7{,}2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \\ 200 \\ 2000 \end{bmatrix}$$

Se presupune că primele două variabile sînt nule $x_1 = 0;\ x_2 = 0$ și rezultă $x_3 = 100;\ x_4 = 200;\ x_5 = 2000$.

În acest caz funcția de eficiență $Z = Z_0 = 0$.

Exprimarea variabilelor dependente $x_1;\ x_2$ (care reprezintă puterile cu care trebuie să se încarce grupurile) în funcție de variabilele independente (x_3, x_4, x_5) se face cu o relație matricială de forma

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 9{,}6 & 7{,}2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{31} & x_{32} \\ x_{41} & x_{42} \\ x_{51} & x_{52} \end{bmatrix}$$
$$(x_1)\quad (x_2) \qquad (x_3)\quad (x_4)\quad (x_5)$$

Matricea coeficienților are valoarea:

$$\begin{bmatrix} x_{31} & x_{32} \\ x_{41} & x_{42} \\ x_{51} & x_{52} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 9{,}6 & 7{,}2 \end{bmatrix}$$

Funcția de eficiență se poate scrie astfel:

$$[z_1 \quad z_2] = [0 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 9{,}6 & 7{,}2 \end{bmatrix} = [0 \quad 0]$$

Dacă se formează diferențele $(Z_1 - C_1)$ și $(Z_2 - C_2)$ se obțin valorile:

$$d_1 = Z_1 - C_1 = 0 - 24 = -24;\quad d_2 = z_2 - C_2 = 0 - 24 = -24$$

Scanned with OKEN Scanner

Întrucît $d_1 = d_2$ se poate alege (x_1) noua variabilă independentă.

Se calculează apoi $\frac{x_3}{x_{31}} = \frac{100}{1} = 100$; $\frac{x_4}{x_{41}} = \frac{200}{0} = \infty$;

$$\frac{x_5}{x_{51}} = \frac{2000}{9,6} \cong 208 \quad \text{Se adoptă } \frac{x_3}{x_{31}} = 100.$$

Noul set de soluții apare sub forma:

$$x_1' = 100; \quad x_2' = 0; \quad x_3' = 0; \quad x_4' = 200;$$

$$x_5' = x_5 - \frac{x_3}{x_{31}} \cdot x_{51} = 2000 - 100(9,6) = 1040.$$

Funcția de eficiență are în acest caz valoarea

$$Z_1 = Z_0 + \frac{x_3}{x_{31}}(C_1 - Z_1) = 0 + 100 \cdot 24 = 2400 \text{ MWh.}$$

Noua variantă se construiește plecînd de la matricea de forma:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 9,6 & 7,2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 100 \\ 0 \\ 0 \\ 200 \\ 1040 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \\ 200 \\ 2000 \end{bmatrix}$$

Exprimarea coeficienților coloanelor 2 și 3 în funcție de celelalte coloane se face astfel:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 7,2 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 9,6 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{12} & x_{13} \\ x_{42} & x_{43} \\ x_{52} & x_{53} \end{bmatrix}$$

(2) (3) (1) (4) (5)

Deci:

$$\begin{bmatrix} x_{12} & x_{13} \\ x_{42} & x_{43} \\ x_{52} & x_{53} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 7,2 & -9,6 \end{bmatrix}$$

$$[Z_2 \quad Z_3] = [24 \quad 0 \quad 0] \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 7,2 & -9,6 \end{bmatrix} = [0,24]$$

$$Z_2 - C_2 = 0 - 24 \qquad Z_3 - C_3 = 24 - 0 = 24.$$

Se alege (x_2) ca nouă variabilă independentă și se calculează noul set de variabile

$$\frac{x_1}{x_{12}} = \frac{100}{0} = \infty; \quad \frac{x_4}{x_{42}} = \frac{200}{1} = 200; \quad \frac{x_5}{x_{52}} = \frac{1040}{7,2} = 144,5;$$

$x_1' = x_1 - 144,5\ x_{12} = 100 - 144,5\ (0) = 0;$
$x_2' = 144,5; \quad x_3' = 0; \quad x_4' = x_4 - 144,5; \quad x_{24} = 200 - 144,5(1) = 55,5;$
$Z = 24(x_1 + x_2) = 24(100 + 144,5) = 5868 \text{ MWh.}$

Scanned with OKEN Scanner

Noua formă matricială a ecuațiilor de regim arată astfel:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 9,6 & 7,2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 100 \\ 144,5 \\ 0 \\ 55,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \\ 200 \\ 2000 \end{bmatrix}$$

Variabilele dependente fiind x_3 și x_5 se exprimă matricele coloană ale acestora în funcție de matricele coloană ale variabilelor independente:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 9,6 & 7,2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{13} & x_{15} \\ x_{23} & x_{25} \\ x_{43} & x_{45} \end{bmatrix}$$

(3) (5) (1) (2) (4)

Se obține

$$\begin{bmatrix} x_{13} & x_{15} \\ x_{23} & x_{25} \\ x_{43} & x_{45} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1,333 & 0,139 \\ 1,333 & -0,139 \end{bmatrix}$$

Se calculează $(Z_3\ Z_5)$ și se obține:

$$[Z_3 \quad Z_5] = [24 \quad 24 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1,333 & 0,139 \\ 1,339 & -0,139 \end{bmatrix} = [-8 \quad 3,34]$$

$$Z_3 - C_2 = -8 - 0 = -8;$$

$$Z_5 - C_5 = 3,34 - 0 = 3,34.$$

Noua variabilă independentă va fi (x_3).

Deci

$$\frac{x_1}{x_{13}} = \frac{100}{1} = 100; \quad \frac{x_2}{x_{23}} = \frac{144,5}{1,333} < 0; \quad \frac{x_4}{x_{43}} = \frac{55,5}{1,333} = 41,6.$$

Valoarea pozitivă cea mai mică este 41,6 rezultată pentru (x_4) care devine nulă.

Noul set de soluții are structura:

$$x_1' = x_1 - 41,6 \cdot x_{13} = 100 - 41,6 \cdot 1 = 58,4;$$

$$x_2' = x_2 - 41,6 \cdot x_{23} = 144,5 - 41,6\ (-1,333) = 200;$$

$$x_3' = 41,6; \quad x_4' = 0; \quad x_5' = 0.$$

Funcția de eficiență se scrie sub forma:

$$Z = 24\ (x_1 + x_2) = 24\ (58,4 + 200) = 6201,6 \text{ MWh}.$$

Consumul de combustibil se determină astfel

$$B = (0,4 \cdot 58,4 + 0,3 \cdot 200)24 = 2000 \text{ t.c.c.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Problema 102

Modelul de programare liniară pentru prognoza dezvoltării centralelor electrice din cadrul unui sistem energetic operează cu următoarele date:

— Necesarul maxim de putere al unui an viitor examinat sub aspectul structurii surselor de producere a energiei este de 4200 MW exclusiv consumul propriu tehnologic (consumul pentru serviciile interne).

— Puterea de rezervă la vîrf se presupune egală cu 700 MW.

— Consumul anual de energie electrică fără consumul propriu tehnologic al centralelor este de 2370 GWh.

— Durata de utilizare anuală a puterii maxime la vîrf este de 5650 ore/an.

— Curba de sarcină idealizată se reprezintă prin patru paliere A; B; C; D; (seara, dimineața, ziua, noaptea și în zilele de repaus).

A seara	4 806 GWh	1 335 h
B dimineața	5 166 GWh	1 752 h
C ziua	4 651 GWh	1 661 h
D noaptea	9 107 GWh	4 012 h
	23 730 GWh	8 760 h

Puterea minimă de noapte (din zilele lucrătoare) 2100 MW.

Sistemul considerat în această aplicație dispune în prezent de trei centrale electrice, totalizînd o putere instalată de 1000 MW.

1. C.H.E. de vîrf	200 MW
2. C.T.E. pe gaze, grupuri 100 MW	400 MW
3. C.T.E. pe cărbune, grupuri 100 MW	400 MW

Aceste centrale existente se presupune că vor fi păstrate și în viitor.

Din analiză rezultă ca posibil a fi realizate șase categorii de centrale electrice noi:

4. C.H.E. de vîrf	1000 MW
5. C.T.E. cu turbine cu gaze	1000 MW
6. C.T.E. pe păcură, grupuri 200 MW	4200 MW
7. C.T.E. pe păcură, grupuri 300 MW	4200 MW
8. C.T.E. pe cărbune, grupuri 200 MW	4200 MW
9. C.T.E. pe cărbune, grupuri 300 MW	4200 MW

Puterile evidențiate pentru centralele noi reprezintă puterile limită pe fiecare din categoriile de centrale considerate.

Cantitatea de cărbune care trebuie consumată anual obligatoriu este de 3 420 000 t.c.c. $= B_i$.

Disponibilul anual total de combustibil clasic, rezultat din optimizarea bilanțului energetic general este $B = 8\ 100\ 000$ t.c.c.

Formularea problemei:

Dispunînd de informații referitoare la:

— datele energetice de bază (inițiale) la nivelul anilor examinați (necesități de putere și energie electrică, necesități de căldură asigurate din C.E.T. disponibilități de forme de energie primară);

Scanned with OKEN Scanner

— centralele electrice existente în momentul în care se face examinarea, centrale care urmează a se realiza cert (angajate) și date tehnice și economice asupra echipamentului lor (tipuri, puteri, caracteristici), date de exploatare:

— posibilitățile de realizare de noi centrale electrice (categorii de centrale posibile), cu datele tehnice și economice corespunzătoare.

Se cere:

— care din categoriile de centrale posibile trebuie realizate în perioada examinată;

— cum să funcționeze toate centralele sistemului (existente, angajate, noi), în așa fel încît în condițiile criteriului de eficiență admis soluția să fie optimă.

Rezolvare

Se va rezolva problema prin programarea liniară.

Se cere să se scrie restricțiile și funcția de eficiență economică pentru exemplul indicat.

Se introduc notațiile:

m — indicele care caracterizează o anumită centrală electrică nouă, sau o categorie de centrale din cele noi;

P_m — puterea instalată a centralei (sau a categoriei de centrale), GW;

ξ_m — necunoscuta strategică. $0 \leqslant \xi_m \leqslant 1$; pentru centrale noi, puterea optimă rezultată a fi instalată din cadrul centralelor de categoria m va fi $P_m \cdot \xi_m$; $\xi_m = 1$ pentru centralele existente;

z_m — numărul de agregate de aceeași putere unitară și cu aceeași caracteristică energetică ale categoriei m;

ε_m — consumul serviciilor interne ale centralelor, GW;

τ_m^μ — un interval de timp de funcționare a centralei (legat de funcționarea curbei de sarcină în paliere, caracterizate prin indicele μ, (μ = A, B, C, D), h;

α_m^μ — necunoscuta tactică, coeficientul de încărcare al agregatelor din centrală pe intervalul τ_m^μ

$$\alpha_m^{\min} \leqslant \alpha_m^\mu \leqslant \beta_m^\mu$$

$\alpha_m^{\min}$ — puterea relativă minimă;

β_m^μ — coeficientul puterii efectiv disponibile;

β_m — coeficientul puterii efectiv disponibile iarna;

q_m — consumul de mers în gol al unui agregat din centrală, 10^3 t.c.c./h;

b_m — creșterea relativă a consumului de combustibil, t.c.c./MWh; caracteristicile energetice ale agregatelor sînt considerate liniare;

k_m^μ — coeficient de înrăutățire a consumului de combustibil pe intervalul τ_m^μ; el permite o diferențiere între caracteristicile energetice pentru perioade de timp diferite ale funcționării pe luni, anotimpuri, prin afectarea unor valori caracteristice pentru perioada respectivă (marcarea influenței condițiilor de răcire a agregatelor termoelectrice).

Cu aceste notații se pot scrie următoarele mărimi:

— puterea instalată a centralei:

$$P_m \cdot \xi_m \quad [\text{GW}],$$

— puterea efectiv disponibilă netă iarna;

$$P_m \cdot \xi_m (1 - \varepsilon_m)\, \beta_{m_m} \quad [\text{GW}];$$

Scanned with OKEN Scanner

— energia electrică livrată pe intervalul τ_m^μ

$$P_m \xi_m (1 - \varepsilon_m)\, \alpha_m^\mu \tau_m^\mu \quad [\text{GWh}];$$

— consumul de combustibil pe intervalul τ_m^μ

$$k_m^\mu (a_m z_m + b_m \alpha_m^\mu P_m)\, \xi_m \tau_m^\mu \quad [10^3 \text{t.c.c.}].$$

Pentru centralele existente, angajate şi propuse se dau toţi indicii tehnici menţionaţi mai sus, rămînînd să se determine

$$P_m \cdot \xi_m \quad \text{şi} \quad \alpha_m^\mu.$$

Restricţiile şi funcţia de eficienţă:

— Restricţia I: acoperirea necesarului maxim anual de putere: suma puterilor efectiv disponibile nete ale centralelor din luna decembrie să fie mai mare decît puterea maximă anuală de vîrf plus rezerva de putere la vîrf.

$$\sum_m (1 - \varepsilon_m)\, \beta_m P_m \cdot \xi_n \geqslant P^{an} + P_r^{an} \quad [\text{GW}]$$

pentru m care parcurge mulţimea tuturor centralelor electrice.

$$\begin{aligned}
&(1 - 0{,}005) \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}200 \cdot 1 + \\
&(1 - 0{,}061) \cdot 1 \cdot 0{,}400 \cdot 1 + \\
&(1 - 0{,}090) \cdot 1 \cdot 0{,}400 \cdot 1 + \\
&(1 - 0{,}005) \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}000\, \xi_4 + \\
&(1 - 0{,}050) \cdot 1 \cdot 1{,}00\, \xi_5 + \\
&(1 - 0{,}055) \cdot 1 \cdot 4{,}200\, \xi_6 + \\
&(1 - 0{,}050) \cdot 1 \cdot 4{,}200\, \xi_7 + \\
&(1 - 0{,}065) \cdot 1 \cdot 4{,}200\, \xi_8 + \\
&(1 - 0{,}060) \cdot 1 \cdot 4{,}200\, \xi_9 \geqslant 4{,}200 + 0{,}700 \quad [\text{GW}].
\end{aligned}$$

— Restricţia II: acoperirea necesarului de energie electrică pe fiecare din palierele curbei de sarcină idealizate, suma energiilor livrate de centralele electrice pe fiecare palier să fie egală cu energia necesară palierului

$$\sum_m (1 - \varepsilon_m)\, \alpha_m^\mu P_m \xi_m \tau_m^\mu = \hat{E}^\mu \quad [\text{GWh}]$$

pentru m care parcurge mulţimea tuturor centralelor electrice şi μ luat pe rînd pentru fiecare palier în parte.

Palierul A:

$$\begin{aligned}
&(1 - 0{,}005) \cdot \alpha_1^A \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^A + \\
&(1 - 0{,}061) \cdot \alpha_2^A \cdot 0{,}400 \cdot 1 \cdot \tau_2^A + \\
&(1 - 0{,}090) \cdot \alpha_3^A \cdot 0{,}400 \cdot 1 \cdot \tau_3^A + \\
&(1 - 0{,}005) \cdot \alpha_4^A \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^A + \\
&(1 - 0{,}050) \cdot \alpha_5^A \cdot 1{,}000 \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^A + \\
&(1 - 0{,}055) \cdot \alpha_6^A \cdot 4{,}200 \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^A + \\
&(1 - 0{,}050) \cdot \alpha_7^A \cdot 4{,}200 \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^A + \\
&(1 - 0{,}065) \cdot \alpha_8^A \cdot 4{,}200 \cdot \xi_8 \cdot \tau_8^A + \\
&(1 - 0{,}060) \cdot \alpha_9^A \cdot 4{,}200 \cdot \xi_9 \cdot \tau_9^A = 4800 \quad [\text{GWh}].
\end{aligned}$$

Scanned with OKEN Scanner

Palierul B:

$$(1 - 0{,}005) \cdot \alpha_1^B \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^B +$$
$$(1 - 0{,}061) \cdot \alpha_1^B \cdot 0{,}400 \cdot 1 \cdot \tau_2^B +$$
$$(1 - 0{,}090) \cdot \alpha_3^B \cdot 0{,}400 \cdot 1 \cdot \tau_3^B +$$
$$(1 - 0{,}005) \cdot \alpha_4^B \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^B +$$
$$(1 - 0{,}050) \cdot \alpha_5^B \cdot 1{,}000 \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^B +$$
$$(1 - 0{,}055) \cdot \alpha_6^B \cdot 4{,}200 \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^B +$$
$$(1 - 0{,}050) \cdot \alpha_7^B \cdot 4{,}200 \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^B +$$
$$(1 - 0{,}065) \cdot \alpha_8^B \cdot 4{,}200 \cdot \xi_8 \cdot \tau_8^B +$$
$$(1 - 0{,}060) \cdot \alpha_9^B \cdot 4{,}200 \cdot \xi_9 \cdot \tau_9^B = 5166 \quad [\text{GWh}].$$

Palierul C:

$$(1 - 0{,}005) \cdot \alpha_1^C \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^C +$$
$$(1 - 0{,}061) \cdot \alpha_2^C \cdot 0{,}400 \cdot 1 \cdot \tau_2^C +$$
$$(1 - 0{,}090) \cdot \alpha_3^C \cdot 0{,}400 \cdot 1 \cdot \tau_3^C +$$
$$(1 - 0{,}005) \cdot \alpha_4^C \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^C +$$
$$(1 - 0{,}050) \cdot \alpha_5^C \cdot 1{,}000 \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^C +$$
$$(1 - 0{,}055) \cdot \alpha_6^C \cdot 4{,}200 \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^C +$$
$$(1 - 0{,}050) \cdot \alpha_7^C \cdot 4{,}200 \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^C +$$
$$(1 - 0{,}065) \cdot \alpha_8^C \cdot 4{,}200 \cdot \xi_8 \cdot \tau_8^C +$$
$$(1 - 0{,}060) \cdot \alpha_9^C \cdot 4{,}200 \cdot \xi_9 \cdot \tau_9^C = 4651 \quad [\text{GWh}].$$

Palierul D: Analog $= 9107$ [GWh].

Restricţia III: trecerea sarcinii minime (golul de noapte); suma puterilor livrabile de centralele în funcţiune la minimul tehnic să fie mai mică decît puterea minimă de noapte.

$$\sum_m (1 - \varepsilon_m)\, \alpha_m^{\min} P_{min} \xi_m \leqslant (P^\mu) \text{ min} \quad [\text{GW}]$$

Pentru m care parcurge mulţimea tuturor centralelor care funcţionează la golul de noapte, μ luat pe rînd pentru palierele de noapte, (palierul D).

$$P_D = (1 - 0{,}061) \cdot 0{,}400 \cdot 0{,}400 \cdot 1 +$$
$$(1 - 0{,}090) \cdot 0{,}600 \cdot 0{,}400 \cdot 1 +$$
$$(1 - 0{,}050) \cdot 0{,}250 \cdot 1{,}000 \cdot \xi_5 +$$
$$(1 - 0{,}055) \cdot 0{,}400 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_6 +$$
$$(1 - 0{,}050) \cdot 0{,}400 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_7 +$$
$$(1 - 0{,}065) \cdot 0{,}470 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_8 +$$
$$(1 - 0{,}060) \cdot 0{,}470 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_9 + \leqslant 2{,}100 \quad [\text{GW}]$$

Scanned with OKEN Scanner

Restricția IV: obligativitatea consumării unor anumite disponibilități de forme de energie primară: necesarul de combustibil pentru centralele care utilizează o anumită formă de energie primară să fie mai mare sau egal cu cantitatea de energie primară disponibilă pentru producerea de energie electrică.

$$\sum_{m}\sum_{\mu} k_m^{\mu}(a_m z_m + b_m \alpha_m^{\mu} P_m)\,\xi_m \tau_m^{\mu} \geqslant B_t \quad [10^3 \text{ t.c.c.}]$$

pentru m care parcurge mulțimea centralelor electrice care utilizează o anumită formă de energie primară obligată, μ care parcurge toate palierele curbei de sarcină.

$$3\begin{cases} 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^A\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^A + \\ 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^B\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^B + \\ 1.07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^C\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^C + \\ 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^D\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^D + \end{cases}$$

$$8\begin{cases} 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^A\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^A + \\ 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^B\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^B + \\ 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^C\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^C + \\ 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^D\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^D + \end{cases}$$

$$9\begin{cases} 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^A\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^A + \\ 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^B\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^B + \\ 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^C\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^C + \\ 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^D\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^D \geqslant 3420\cdot 10^3 \text{ t.c.c.} \end{cases}$$

Restricția V: nedepășirea unui anumit nivel de energie primară sub formă de combustibil clasic; necesarul de combustibil clasic pentru producerea energiei electrice să fie mai mic sau egal cu cantitatea de combustibil clasic disponibil pentru producerea energiei electrice.

$$\sum_{m}\sum_{\mu} k_m^{\mu}(a_m z_m + b_m \alpha_m^{\mu} P_m)\,\xi_m \tau_m^{\mu} \leqslant B \quad [10^3 \text{ t.c.c.}]$$

pentru m care parcurge mulțimea centralelor electrice care utilizează combustibil clasic, și μ care parcurge toate palierele curbei de sarcină.

CĂRBUNE

$$3\begin{cases} 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^A\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^A + \\ 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^B\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^B + \\ 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^C\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^C + \\ 1{,}07\,(0{,}0028\cdot\ 4 + 0{,}310\cdot\alpha_3^D\cdot 0{,}400)\cdot 1\cdot\tau_3^D + \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^A\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^A + \\ 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^B\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^B + \\ 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^C\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^C + \\ 1{,}07\,(0{,}0050\cdot 21 + 0{,}298\cdot\alpha_8^D\cdot 4{,}200)\cdot\xi_8\cdot\tau_8^D + \end{cases}$$

$$9\begin{cases} 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^A\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^A + \\ 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^B\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^B + \\ 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^C\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^C + \\ 1{,}07\,(0{,}0067\cdot 14 + 0{,}288\cdot\alpha_9^D\cdot 4{,}200)\cdot\xi_9\cdot\tau_9^D + \end{cases}$$

Scanned with OKEN Scanner

GAZE

$$
\begin{cases}
2 \begin{cases}
1{,}06\,(0{,}0026 \cdot 4 + 0{,}291 \cdot \alpha_2^A \cdot 0{,}400) \cdot 1 \cdot \tau_2^A + \\
1{,}06\,(0{,}0026 \cdot 4 + 0{,}291 \cdot \alpha_2^B \cdot 0{,}400) \cdot 1 \cdot \tau_2^B + \\
1{,}06\,(0{,}0026 \cdot 4 + 0{,}291 \cdot \alpha_2^C \cdot 0{,}400) \cdot 1 \cdot \tau_2^C + \\
1{,}06\,(0{,}0026 \cdot 4 + 0{,}291 \cdot \alpha_2^D \cdot 0{,}200) \cdot 1 \cdot \tau_2^D +
\end{cases} \\
5 \begin{cases}
1{,}07\,(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337 \cdot \alpha_5^A \cdot 1{,}000) \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^A + \\
1{,}07\,(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337 \cdot \alpha_5^B \cdot 1{,}000) \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^B + \\
1{,}07\,(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337 \cdot \alpha_5^C \cdot 1{,}000) \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^C + \\
1{,}07\,(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337 \cdot \alpha_5^D \cdot 1{,}000) \cdot \xi_5 \cdot \tau_5^D +
\end{cases}
\end{cases}
$$

PĂCURĂ

$$
\begin{cases}
6 \begin{cases}
1{,}06\,(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282 \cdot \alpha_6^A \cdot 4{,}200) \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^A + \\
1{,}06\,(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282 \cdot \alpha_6^B \cdot 4{,}200) \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^B + \\
1{,}06\,(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282 \cdot \alpha_6^C \cdot 4{,}200) \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^C + \\
1{,}06\,(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282 \cdot \alpha_6^D \cdot 4{,}200) \cdot \xi_6 \cdot \tau_6^D +
\end{cases} \\
7 \begin{cases}
1{,}06\,(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275 \cdot \alpha_7^A \cdot 4{,}200) \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^A + \\
1{,}06\,(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275 \cdot \alpha_7^B \cdot 4{,}200) \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^B + \\
1{,}06\,(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275 \cdot \alpha_7^C \cdot 4{,}200) \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^C + \\
1{,}06\,(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275 \cdot \alpha_7^D \cdot 4{,}200) \cdot \xi_7 \cdot \tau_7^D + \leqslant 8100 \cdot 10^3 \text{ t.c.c.}
\end{cases}
\end{cases}
$$

Restricția VI: obligativitatea consumării energiei livrabile (corespunzătoare celei productibile) a centralelor hidroelectrice. Pentru C.H.E. de vîrf: energiile livrate anual să fie egale cu suma energiei livrate în toate palierele.

$$\sum_{\mu} (1 - \varepsilon_m)\, \alpha_m^{\mu} P_m \xi_m \tau_m^{\mu} = E_m^{\Sigma\mu} \quad \text{(GWh)}$$

pentru m reprezentînd pe rînd cîte o C.H.E. de vîrf, μ care parcurge toate palierele curbei de sarcină, $E_m^{\Sigma\mu}$ fiind energia livrabilă anuală.

$$
\begin{aligned}
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_1^A \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^A + \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_1^B \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^B + \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_1^C \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^C + \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_1^D \cdot 0{,}200 \cdot 1 \cdot \tau_1^D = 400 \text{ GWh} \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_4^A \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^A + \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_4^B \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^B + \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_4^C \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^C + \\
&(1 - 0{,}005)\, \alpha_4^D \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 \cdot \tau_4^D = 2000 \text{ GWh.}
\end{aligned}
$$

Restricția VII: relații care delimitează valorile necunoscutelor care apar în model.

Necunoscutele strategice: $\xi \leqslant 1$

$$
\begin{aligned}
&\xi_4 \leqslant 1 \\
&\xi_5 \leqslant 1 \\
&\xi_6 \leqslant 1 \\
&\xi_7 \leqslant 1 \\
&\xi_8 \leqslant 1 \\
&\xi_9 \leqslant 1
\end{aligned}
$$

Scanned with OKEN Scanner

$$\alpha_m^{\min} \leqslant \alpha_m^{\mu} \leqslant \beta_m$$

$0{,}400 \leqslant \alpha_2^A \leqslant 1$	$0{,}250 \leqslant \alpha_5^A \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_7^A \leqslant 1$
$0{,}400 \leqslant \alpha_2^B \leqslant 1$	$0{,}250 \leqslant \alpha_5^B \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_7^B \leqslant 1$
$0{,}400 \leqslant \alpha_2^C \leqslant 1$	$0{,}250 \leqslant \alpha_5^C \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_7^C \leqslant 1$
$0{,}400 \leqslant \alpha_2^D \leqslant 1$	$0{,}250 \leqslant \alpha_5^D \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_7^D \leqslant 1$
$0{,}600 \leqslant \alpha_3^A \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_6^A \leqslant 1$	$0{,}470 \leqslant \alpha_8^A \leqslant 1$
$0{,}600 \leqslant \alpha_3^B \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_6^B \leqslant 1$	$0{,}470 \leqslant \alpha_8^B \leqslant 1$
$0{,}600 \leqslant \alpha_3^C \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_6^C \leqslant 1$	$0{,}470 \leqslant \alpha_8^C \leqslant 1$
$0{,}600 \leqslant \alpha_3^D \leqslant 1$	$0{,}400 \leqslant \alpha_6^D \leqslant 1$	$0{,}470 \leqslant \alpha_8^D \leqslant 1$
		$0{,}470 \leqslant \alpha_9^A \leqslant 1$
		$0{,}470 \leqslant \alpha_9^B \leqslant 1$
		$0{,}470 \leqslant \alpha_9^C \leqslant 1$
		$0{,}470 \leqslant \alpha_9^D \leqslant 1$

Funcția de eficiență a modelului matematic de prognoză are forma:

$Z = C + pI =$ minim,
C — cheltuieli anuale totale, mil. lei/an,
I — investiții totale, mil. lei,
p — coeficient normat al eficienței relative, an $^{-1}$

$$Z = \sum_{m \in N} \pi_m i_m P_m \xi_m (\gamma_m + p) + \sum_{\mu} (\pi_k C_k + \rho_k i_k) \sum_{m \in T} k_{mk}^{\mu} (a_m z_m + b_m \alpha_m^{\mu} \cdot p_m) \xi_m \tau_m^{\mu} =$$
$$= \text{minim (mil. lei/an)}$$

pentru $m \in \mathbf{N}$/parcurgînd mulțimea tuturor centralelor noi, $m \in T$ parcurgînd mulțimea tuturor centralelor electrice care utilizează combustibil clasic sau nuclear, μ care parcurge toate palierele curbei de sarcină.

i_m — investiția specifică pentru centralele din categoria m, mil. lei/GW;
π_m — parametru referitor la $i_m (\pi_m = 1)$;
ν_m — coeficient de stabilire a cheltuielilor fixe: cuprinzînd amortismentul, reparațiile capitale, retribuții, cheltuieli de întreținere etc.:
c_k — prețul combustibilului clasic, marginal, mil. lei/10^3 t.c.c.;
π_k — parametru referitor la c_m; $(\pi_k = 1)$;
i_k — investiția specifică pentru asigurarea combustibilului clasic, marginal $\left[\frac{\text{mil.lei/an}}{10^3 \text{ t.c.c.}}\right]$;
ρ_k — parametru referitor la i_k; $(\rho_k = 1)$.

$$Z = \sum_{m \in N} \begin{cases} 1 \cdot 6000 \cdot 1{,}000 \cdot \xi_4 (0{,}029 + p) + \\ 1 \cdot 2400 \cdot 1{,}000 \cdot \xi_5 (0{,}085 + p) + \\ 1 \cdot 2700 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_6 (0{,}078 + p) + \\ 1 \cdot 2500 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_7 (0{,}076 + p) + \\ 1 \cdot 3800 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_8 (0{,}078 + p) + \\ 1 \cdot 3550 \cdot 4{,}200 \cdot \xi_9 (0{,}076 + p) + \end{cases}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}06(0{,}0026 \cdot\ 4 + 0{,}291\ \alpha_2^A\ 0{,}400)\ \xi_2\tau_2^A\ + \\
& 1{,}06(0{,}0026 \cdot\ 4 + 0{,}291\ \alpha_2^B\ 0{,}400)\ \xi_2\tau_2^B\ + \\
& 1{,}06(0{,}0026 \cdot\ 4 + 0{,}291\ \alpha_2^C\ 0{,}400)\ \xi_2\tau_2^C\ + \\
& 1{,}06(0{,}0026 \cdot\ 4 + 0{,}291\ \alpha_2^D\ 0{,}400)\ \xi_2\tau_2^D] +
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}07(0{,}0028 \cdot\ 4 + 0{,}310\ \alpha_3^A\ 0{,}400)\ \xi_3\tau_3^A\ + \\
& 1{,}07(0{,}0028 \cdot\ 4 + 0{,}310\ \alpha_3^B\ 0{,}400)\ \xi_3\tau_3^B\ + \\
& 1{,}07(0{,}0028 \cdot\ 4 + 0{,}310\ \alpha_3^C\ 0{,}400)\ \xi_3\tau_3^C\ + \\
& 1{,}07(0{,}0028 \cdot\ 4 + 0{,}310\ \alpha_3^D\ 0{,}500)\ \xi_3\tau_3^D] +
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}07(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337\ \alpha_5^A\ 1{,}000)\ \xi_5\tau_5^A\ + \\
& 1{,}07(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337\ \alpha_5^B\ 1{,}000)\ \xi_5\tau_5^B\ + \\
& 1{,}07(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337\ \alpha_5^C\ 1{,}000)\ \xi_5\tau_5^C\ + \\
& 1{,}07(0{,}00625 \cdot 20 + 0{,}337\ \alpha_5^D\ 1{,}000)\ \xi_5\tau_5^D] +
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}06(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282\ \alpha_6^A\ 4{,}200)\ \xi_6\tau_6^A\ + \\
& 1{,}06(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282\ \alpha_6^B\ 4{,}200)\ \xi_6\tau_6^B\ + \\
& 1{,}06(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282\ \alpha_6^C\ 4{,}200)\ \xi_6\tau_6^C\ + \\
& 1{,}06(0{,}0049 \cdot 21 + 0{,}282\ \alpha_6^D\ 4{,}200)\ \xi_6\tau_6^D] +
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}06(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275\ \alpha_7\ 4{,}200)\ \xi_7\tau_7^A\ + \\
& 1{,}06(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275\ \alpha_7\ 4{,}200)\ \xi_7\tau_7^B\ + \\
& 1{,}06(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275\ \alpha_7\ 4{,}200)\ \xi_7\tau_7^C\ + \\
& 1{,}06(0{,}0055 \cdot 14 + 0{,}275\ \alpha_7\ 4{,}200)\ \xi_7\tau_7^D] +
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}07(0{,}0050 \cdot 21 + 0{,}298\ \alpha_8\ 4{,}200)\ \xi_8\tau_8^A\ + \\
& 1{,}07(0{,}0050 \cdot 21 + 0{,}298\ \alpha_8\ 4{,}200)\ \xi_8\tau_8^B\ + \\
& 1{,}07(0{,}0050 \cdot 21 + 0{,}298\ \alpha_8\ 4{,}200)\ \xi_8\tau_8^C\ + \\
& 1{,}07(0{,}0050 \cdot 21 + 0{,}298\ \alpha_8\ 4{,}200)\ \xi_8\tau_8^D] +
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(0{,}400 + p \cdot 0{,}990)\ & [1{,}07(0{,}0067 \cdot 14 + 0{,}288\ \alpha_9\ 4{,}200)\ \xi_9\tau_9^A\ + \\
& 1{,}07(0{,}0067 \cdot 14 + 0{,}288\ \alpha_9\ 4{,}200)\ \xi_9\tau_9^B\ + \\
& 1{,}07(0{,}0067 \cdot 14 + 0{,}288\ \alpha_9\ 4{,}200)\ \xi_9\tau_9^C\ + \\
& 1{,}07(0{,}0067 \cdot 14 + 0{,}288\ \alpha_9\ 4{,}200)\ \xi_9\tau_9^D] = \text{minim.}
\end{aligned}
$$

Dacă se rezolvă modelul care operează cu (Z) atunci minimum funcțiile de eficiență are valoarea:

$$Z = 5551{,}27 \text{ mil. lei/an.}$$

Soluția optimă are următoarea structură:

— Sînt alese centrale noi posibile: 4) C.H.E. de vîrf integral și parțial 7) (C.T.E. de condensație cu grupuri de 300 MW pe păcură) și 9) (pe cărbune).

Scanned with OKEN Scanner

— Puterea *C.T.E.* noi pe cărbune este aleasă astfel ca împreună cu *C.T.E.* 3 să consume integral disponibilitățile obligatorii de cărbune. De aceea *C.T.E.* 3 și *C.T.E.* 9 sînt încărcate integral, pe toate palierele curbei de sarcină.
— *C.H.E.* de vîrf 1 și 4 sînt încărcate la limita maximă pe palierul A (seara) și restul în palierul B (dimineața).
— Încărcarea celorlalte centrale se face în ordinea creșterii consumurilor diferențiale de combustibil: 2 la sarcina minimă, 7 produce diferențele de energie pentru a satisface cererea la vîrful de consum.

Puterile instalate pe centralele noi ce se construiesc în cadrul sistemului energetic examinat au următoarele valori:

Tabelul 133

4 *C.H.E.* vîrf	Puterea instalată MW 1,0000; (1,0000 × 1000) = 1000 MW
7 *C.T.E.* pe păcură, grupuri 300 MW	0,5358; (0,5358 × 4200) ≈ 2250 MW
9 *C.T.E.* pe cărbune, grupuri 300 MW	0,2265; (0,2265 × 4200) ≈ 950 MW

Tabelul 134

	Puterea instalată	α_m^{min}	α_m^{μ}			
			A	*B*	*C*	*D*
1	200	0	0,9200	0,4521	0	0
2	400	0,400	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
3	400	0,600	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	1 000	0	0,9500	0,4292	0	0
7	2 250	0,400	0,6860	0,6640	0,8640	0,5760
9	950	0,4700	0,4700	1,0000	1,0000	1,0000

Algoritmul prezentat permite realizarea unei legături sistemice între consumul de energie și sursa de acoperire a cererii formulate prin prognoză.

Problema 103

Fie o investiție de 60 miliarde lei alocată pentru realizarea unor centrale electrice de cinci tipuri diferite. Mărimea beneficiului rezultat din fiecare tip de centrală, depinde atît de mărimea investiției cît și de tipul centralei în care se execută lucrările de investiții corespunzătoare. Se presupune că beneficiul obținut din fiecare tip de centrală este independent de mărimea investițiilor făcute în celelalte tipuri de centrale și că beneficiul total este suma beneficiilor obținute în cele cinci tipuri de centrale. În tabelul 135 sînt date beneficiile pe fiecare tip de centrală în funcție de investiția corespunzătoare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 135

Mărimea investiției (10^9 lei)	Beneficiul (B)				
	Tip centrală 1	Tip centrală 2	Tip centrală 3	Tip centrală 4	Tip centrală 5
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,20	0,30	0,25	0,27	0,22
20	0,31	0,45	0,35	0,40	0,37
30	0,53	0,50	0,47	0,58	0,55
40	0,76	0,65	0,60	0,70	0,68
50	0,80	0,82	0,78	0,85	0,75
60	0,90	0,95	0,87	0,92	0,82

Se cere:

1) Structura funcționalei Bellman.
2) Stabilirea politicii optime de alocare a resurselor.

Rezolvare

Fie S_i suma investită pe tipul de centrală i și fie x_i suma investită în primele (i) tipuri de centrale:

$$x_1 = S_1$$

$$x_i = S_1 + \ldots + S_i \quad 2 \leqslant i \leqslant 5$$

$$S_i \geqslant 0$$

$$x_5 = \sum_1^5 S_i \leqslant 60 \cdot 10^9 \text{ (suma totală disponibilă).}$$

Fie $B_i(S_i)$ beneficiul obținut pentru tipul de centrală (i) corespunzătoare sumei S_i alocate.

1) Structura funcționalei Bellman se construiește plecînd de la următoarele considerații:

Fie o funcție de $n + 1$ variabile de următoarea formă:
$F(x_0, x_1, \ldots, x_n) = v_1(x_0, x_1) + v_2(x_1, x_2) + \ldots + v_n(x_{n-1}, x_n)$; care este deci decompozabilă, (prin ipoteză) într-o sumă de n funcții:

$$v_i(x_{i-1}, x_i) \quad i = 1, 2, \ldots, n.$$

Ne propunem să găsim maximul (sau minimul) lui F, știind că fiecare x_i poate varia într-un domeniu care nu depinde decît de x_0 și x_{i+1}. Forma parti-

Scanned with OKEN Scanner

cularã impusã funcţiei F şi natura domeniilor de variaţie a variabilelor permite considerarea unui sistem de (n) faze pentru care

$$v_i(x_{i-1},\ x_i) \quad i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n$$

ar fi funcţia obiectiv ataşată fiecărei faze şi F funcţia obiectiv ataşată mulţimii fazelor.

Principiul de optimalitate: toate subpoliticile ce aparţin unei politici optime sînt optime în mulţimea de faze consecutive şi care sînt definite. Acest principiu a fost enunţat de R. Bellman şi stă la baza rezolvării problemelor de programare dinamică (procese secvenţiale de decizii).

Pentru a găsi valoarea maximă (sau minimă) a funcţiei

$F_0(x_0,\ x_i,\ \ldots,\ x_n) = v_0(x_0,\ x_1) + \ldots + v_n(x_{n-1},\ x_n)$ putem folosi principiul de optimalitate enunţat. Se consideră fazele (1) şi (2) împreună şi notăm $f_{0,2}(x_0,\ x_2)$ valoarea optimă a sumei:

$$v_1(x_0,\ x_1) + v_2(x_1,\ x_2)$$

cînd facem să varieze x_1 în domeniul care depinde de x_0 şi x_2 avem:

$$f_{0,2}(x_0,\ x_2) = \max_{x_1 \in X(x_0,\ x_2)} [v_1(x_0,\ x_1) + v_2(x_1,\ x_2)].$$

Fie acum fazele 1, 2, 3 împreună şi fie $f_{0,3}(x_0,\ x_3)$ valoarea optimă a sumei

$$v_1(x_0,\ x_1) + v_2(x_1,\ x_2) + v_3(x_2,\ x_3).$$

Analog:

$$f_{0,3}(x_0,\ x_3) = \max_{x_2 \in X_2(x_0,\ x_3)} [f_{0,2}(x_0,\ x_2) + v_3(x_2,\ x_3)].$$

Valoarea lui x_1 şi cea a lui x_2 constituie o subpolitică optimă pentru fazele 1 şi 2 (la x_0 şi x_3 daţi).

Generalizînd pentru faza (n) se obţine o funcţie de forma

$$f_{0,n}(x_0,\ x_n) = \max_{x_{n-1} \in X_{n-1}(x_0,\ x_n)} [f_{0,n-1}(x_0,\ x_{n-1}) + v_n(x_{n-1},\ x_n)]$$

ceea ce ne permite să calculăm subpolitica optimă pentru fazele 1, 2, ..., $n-1$ (fazele 0 şi n date).

Problema revine la a determina variabilele $S_1, \ldots, S_5$ astfel ca să obţinem:

$$\max \sum_{i=1}^{5} B_i(S_i)$$

în condiţiile:

$$\sum_{i=1}^{5} s_i \leqslant S$$

$$S_i \geqslant 0 \quad i = 1, \ldots, 5.$$

Deci S_i sînt variabilele de decizie ale problemei iar x_i variabilele de stare. avem: $x_{i-1} = x_i - S_i(x_0 = 0)$

Scanned with OKEN Scanner

Ecuațiile de recurență se pot sintetiza sub forma:

$$f_n(x_n) = \max_{S_n \in S_n(x_n)} [B_n(S_n) + f_{n-1}(x_n - S_n)]$$

pentru toți: $n \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ și $f_0(x_0) = 0$.
Funcția de decizie pentru momentul n se notează δ_n. Valoarea $S_n = \delta_n(s_n)$ trebuie privită ca cea mai bună decizie admisibilă $s_n \in S_n(x_n)$ care trebuie adoptată în momentul n.
Avem:

$$f_1(x_1) = B_1(x_1)$$

$$\delta_1(x_1) = x_1$$

$$f_2(0) = \max_{S_1 \in S_2(0)} [B_2(S_2) + f_1(0 - S_2)] = B_2(0) = 0{,}00$$

deci:

$$f_2(0) = 0{,}00;\ \delta_2(0) = 0$$

$$f_2(10) = \max_{S_1 \in S_2(1)} [B_2(s_2) + f_1(10 - s_2)] = \max \{B_2(0) + f_1(10);\ B_2(10) + f_1(0)\} = \max \{0{,}20;\ 0{,}30\} = 0{,}30 \to \delta_2(1) = 10.$$

Calculul se face în continuare în mod analog și se obțin următoarele rezultate:

Tabelul 136

x_1	f_1	δ_1	f_2	δ_2	f_3	δ_3	f_4	δ_4	f_5	δ_5
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
10	0,20	10	0,30	10	0,30	0	0,30	0	0,30	0
20	0,31	20	0,50	10	0,55	10	0,57	10	0,57	0
30	0,53	30	0,65	20	0,75	10	0,82	10	0,82	0
40	0,76	40	0,83	10	0,85	10	1,02	10	1,04	10
50	0,80	50	1,06	10	1,08	10	1,15	20	1,24	10
60	0,90	60	1,21	20	1,31	10	1,35	10	1,39	20

$$\max_{x_5 \in X_5} f_5(x_5) = 1{,}39$$

$$\to \hat{x}_5 = 60;\ \text{Rezultă } \hat{x}_4 = \hat{x}_5 - S_5 = 60 - 20 = 40$$

$$\hat{S}_4 = \delta_4(\hat{x}_4) = 10$$

analog: $\hat{S}_3 = 10$; $\hat{S}_2 = 10$; $\hat{S}_1 = 10$.

Deci politica optimă este: $\hat{S}_1 = 10$; $\hat{S}_2 = 10$; $\hat{S}_3 = 10$; $\hat{S}_4 = 10$; $\hat{S}_5 = 20$, adică fiecărui tip de centrală (i) se va aloca 10 miliarde iar pentru ultima 20 miliarde.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 104

Întocmirea unui bilanț energetic la nivelul unei întreprinderi industriale se face pe baza următoarelor considerații:

— Se completează schemele de alimentare cu energie a întreprinderii.
— Se înregistrează puterile consumatorilor (forța și lumina).
— Curbele de sarcină pe trei luni caracteristice din an, trebuie cunoscute.
— Caracteristicile cablurilor și a transformatoarelor de putere din incinta uzinei se ridică de pe teren.
— Caracteristicile consumatorilor de căldură.

Pentru întocmirea bilanțului se predetermină:

— Energiile care intră în uzină (t.c.c/an).
— Pierderile de putere în cabluri, linii și transformatoare.
— Structura consumului la nivelul secțiilor productive și neproductive.
— Numărul de zile echivalente de lucru ținînd seama de sărbători și de perioada de reparații a utilajului.
— Structura bilanțului electroenergetic și a celui general.

Dintre cele patru tipuri de bilanțuri (reale, optime, normate și de proiect) se face calculul numai pentru un bilanț real exprimîndu-se toate formele de energie în echivalent combustibil convențional cu ajutorul coeficienților de transformare din tabelul 137.

Tabelul 137

Felul energie	*E.E.*	*E.M.*	*E.M.*	*A.N.*	căldură	combustibil convențional
U.M.	kWh	CPh	tfm	kgf	kcal.	kgf c.c.
K_1	860	632,3	2,342	640	1	7000
K_2	0,123	0,0904	$334{,}9 \cdot 10^6$	0,0915	$143 \cdot 10^6$	1

Prin (EE) și (EM) s-a notat prescurtat dimensiunile energiei electrice și a energiei mecanice, K_1 și K_2 reprezintă coeficienții de transformare în echivalent căldură (kcal) și echivalent combustibil convențional pentru fiecare unitate a energiei de orice fel determinată la nivelul întreprinderii.

Pentru a determina ziua caracteristică în care se fac măsurători privind circulația de curent și putere în rețeaua electrică din uzină se procedează astfel:

— Se însumează consumul zilnic pe durata unui an (E_t) și se determină numărul de zile echivalente (N_{ze}).
— Se împarte consumul anual (E_t) la (N_{ze}) și pe baza rezultatului se stabilește ziua cea mai potrivită pentru măsurători.

Relațiile mai importante de calcul ale mărimilor din structura unui bilanț energetic se pot scrie astfel:

$$E_t = \sum_{k=1} E_K = 6{,}906331 \cdot 10^3 \text{ MWh/an};$$

$$N_{z_e} = (365 - Z_{repaus} - Z_{reparații}) + K \cdot (Z_{repaus} + Z_{reparații})$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă $K = \frac{E_a}{E_l} = 0{,}89$ și $(Z_{repaus} + Z_{reparații}) = 53$ de zile, rezultă $N_{z_e} = 332$ zile.

E_s = energia anuală din zilele de sărbătoare;

E_1 = energia anuală din zilele de lucru.

Pierderile de energie electrică în bare, cabluri și transformatoare se determină cu relații de forma:

$$\Delta E_p = 24\, R k_f^2 \cdot I_m^2 \cdot 10^{-3} + 24\left(P_0 + k_f^2 \frac{I_m^2}{I_n^2} P_{sc} + P_s\right)$$

în care: R = rezistența barelor, respectiv a cablurilor;

k_f = coeficientul de formă a curentului electric;

I_m = curentul mediu ce străbate instalația;

P_0, P_{sc} = pierderile de putere la mers în gol și scurtcircuit ale transformatorului;

I_n = curentul nominal;

P_s = pierderile suplimentare care apar în transformatoare cu răcire forțată.

Mărimile (k_f) și (I_m) se determină astfel:

$$k_f = \left[\left(\frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24} I_i^2\right)^{1/2} \Big/ \frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24} I_i\right]; I_m = \frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24} I_i$$

în care: I_i = curenții orari citiți pe plecările care alimentează secțiile.

Pentru întocmirea bilanțului energetic la nivelul întreprinderii se consideră următoarele relații și date generale:

$$E_t = E_c + \Delta E_t$$

$$E_t = E_{CET} + E_E + E_{ct} + E_{pq} = 22\,595 \text{ t.c.c./an } (100\%)$$

în care:

E_c = energia consumată; ΔE_t = pierderile de energie;

E_{CET} = energia de la centrala proprie;

E_E = energie electrică primită din afară;

E_{ct} = combustibil tehnologic;

E_{pq} = combustibil pentru producerea căldurii.

Pierderile de energie electrică sînt de 22,96%. Energia utilă consumată se cifrează la 77,04%, împărțită pe trei categorii de consumatori și anume: căldura pentru procese tehnologice; energie electrică pentru secțiile productive și iluminat.

Diagramele bilanțurilor electric și general se dau în figurile (60—61). Pentru a scoate în evidență eficiența economică a cercetării întreprinse cu ocazia realizării bilanțului energetic se calculează trei indicatori și anume: coeficientul de eficiența economică (p_n) termenul de recuperare (tr) și efectul net (E_{net}).

Scanned with OKEN Scanner

SCHEMA BILANȚULUI ELECTROENERGETIC
AL ÎNTREPRINDERII

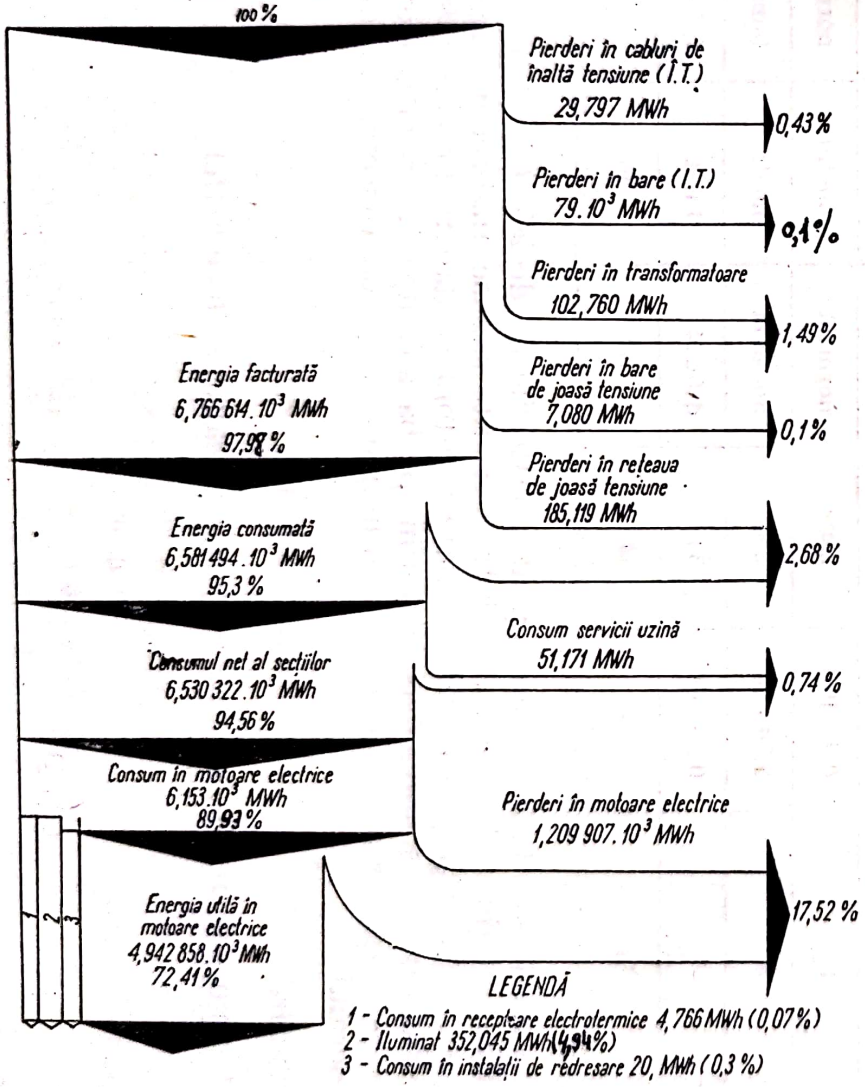


Fig. 60

SCHEMA BILANȚULUI ENERGETIC GENERAL DE LA
NIVELUL INTREPRINDERII

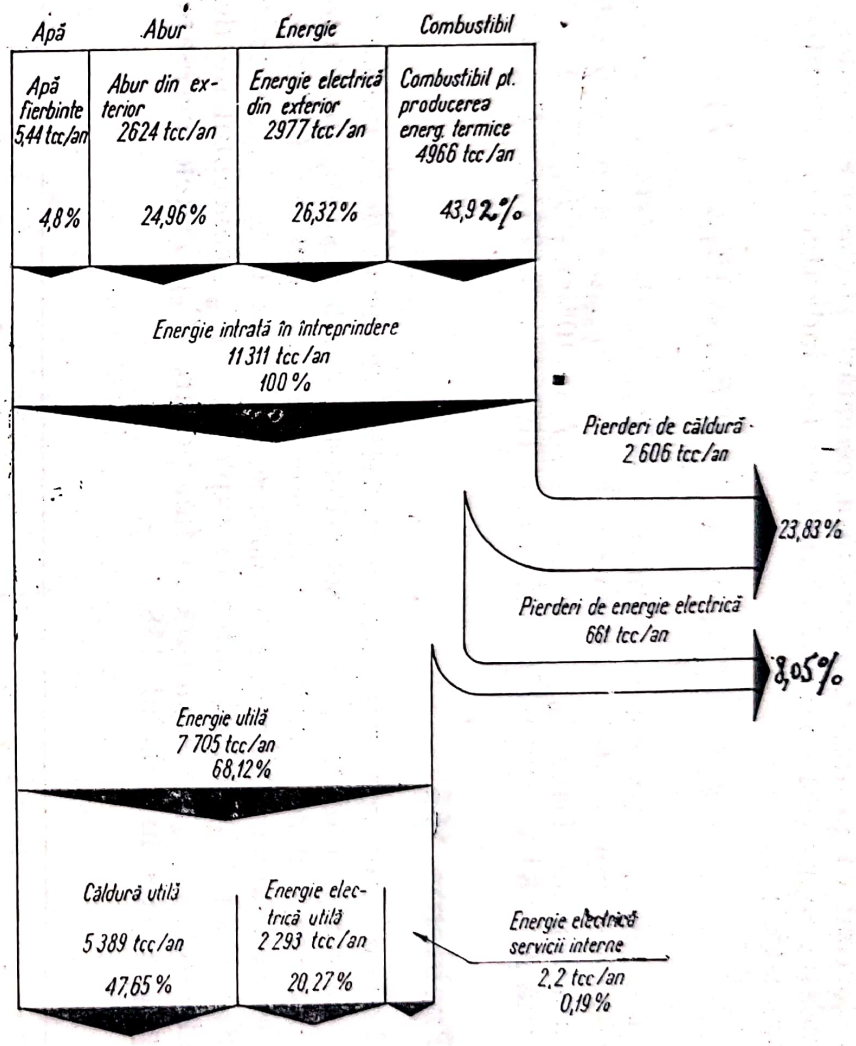


Fig. 61

Scanned with OKEN Scanner

Considerînd că pe durata de viață a cercetării ($D_v = 5$ ani) nu se schimbă instalația energetică analizată atunci, cei trei indicatori ai eficienței se calculează astfel:

$$p_n = \frac{E_{5\,ani}}{I_t}; \quad t_r = \frac{I_t}{B_{1\,an}}; \quad E_{net} = (E_{5\,ani} - I_t)$$

în care: $E_{5\,ani}$ = economiile estimate pe durata de viață a cercetării; I_t = investițiile sau costul cercetării; $E_{1\,an} = E_{5\,ani/5}$ = beneficiul estimat pe durata unui an. Dacă $E_{5ani} = 8 \cdot 10^6$ lei; $I_t = 10^6$ lei, și $B_{1\,an} = 1{,}6 \cdot 10^6$ lei/an rezultă $p_n = 8$ lei obținuți la un leu investiții; $t_r = 0{,}625$ ani; $E_{net} = 7 \cdot 10^6$ lei.

Problema 105

Pentru realizarea unui obiectiv industrial se pleacă de la analiza unei mulțimi de variante dintre care se selecționează patru și se supun analizei multicriteriale în vederea construirii raționale a deciziei optime. Criteriile avute în vedere la analiza variantelor studiate se referă la: Cost (C_1); suprafața terenului ocupat (C_2), elasticitatea în exploatare (C_3), conceptul de desing (nivelul estetic) (C_4) și siguranța în funcționare (C_5). Datele necesare analizei se pot urmări în tabelul 138.

Tabelul 138

Criteriile / Varianta V_i K_j	C_1 lei	C_2 m^2	C_3	C_4	C_5
V_1	$0{,}2 \cdot 10^6$	400	dificilă	mediu	f. bună
V_2	$0{,}1 \cdot 10^6$	280	normală	mediu	normală
V_3	$0{,}24 \cdot 10^6$	250	normală	mediu	bună
V_4	$0{,}3 \cdot 10^6$	310	dificilă	înalt	f. bună
K_j	5	2,5	1,5	1	7

K_j = coeficient de importanță pentru criteriile de decizie (C_1—C_5).
Grafele relațiilor de dominantă între variante supuse analizei în funcție de criteriile (C_1—C_5) și matricile asociate acestora se dau în tabelul 139.
Se urmărește construirea deciziei optime pe baza comparării rezultatelor obținute prin aplicarea metodei utilității maxime, a metodei electre și a metodei leaderului.

Rezolvare

Determinarea utilităților pentru cele 4 variante se face astfel

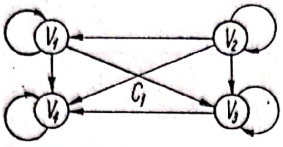
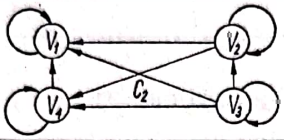
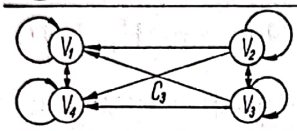
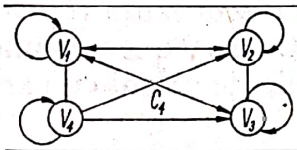
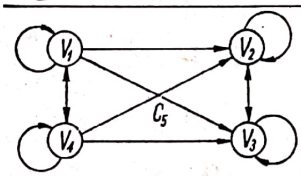
$$U(V_1) = \frac{(0{,}2 - 0{,}1)\ 10^6}{(0{,}3 - 0{,}1)\ 10^6} = 0{,}5; \quad U(V_2) = 1$$

$$U(V_3) = \frac{(0{,}24 - 0{,}1)\ 10^6}{(0{,}3 - 0{,}1)\ 10^6} = 0{,}3; \quad U(V_4) = 0.$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se apreciază utilitatea acțiunilor (V_1—V_4) pe baza criteriilor (C_1—C_5) în sens Fishburn atunci se obțin următoarele rezultate:

Tabelul 139.

Grafele relațiilor de dominanță între variante	Matricele asociate fiecărui Graf
	$M_{C_1} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C_2} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C_3} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C_4} = \begin{Vmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C_5} = \begin{Vmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$

Tabelul 140

V_j \ UC_i	UC_1	UC_2	UC_3	UC_4	UC_5	$UC_i\Sigma$
V_1	0,5	0	0	0	1	1,5
V_2	1	0,8	1	0	0	2,8
V_3	0,3	1	1	0	0,5	2,8
V_4	0	0,6	0	1	1	2,6

Întrucît variantele (2) și (3) au valorile maxime a utilității egale rezultă o situație de indecibilitate.

Pentru a rezolva problema stabilirii unei singure variante pentru construirea obiectivului industrial se ține seama de importanța criteriilor de decizie.

Astfel se multiplică valorile utilităților din tabelul 140 cu valoarea coeficienților de importanța (K_j) se obțin rezultatele din tabelul 141.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 141

V_j \ UC_i	UC_1	UC_2	UC_3	UC_4	UC_5	UC_{ij} K_j
V_1	2,5	0	0	0	7	9,5
V_2	5	2	1,5	0	0	8,5
V_3	1,5	2,5	1,5	0	3,5	9
V_4	0	1,5	0	1	7	9,5

Situația de indecibilitate se menține deoarece

$$U_{i_1}K_j = U_{i_4}K_j = 9{,}6 \text{ u.r. } V_1 \; I \; V_4$$

Metoda ELECTRE permite eliminarea neajunsurilor metodei utilității pe baza indicatorilor de concordanță (C_c) și discordanță (C_d) aplicată în maniera SEMA (Societe de l'Economie et de Mathemateques Appliquees) sau pe baza indicatorilor normați (C_c^n) și (C_d^n). Relațiile de calcul cu care operează metoda ELECTRE se pot scrie sub forma:

a) Maniera SEMA

$$C_c(V_e;\ V_k) = \frac{\Sigma K}{\Sigma K_i};\quad K \in (K_i/U_e > U_k);$$

$$C_d(V_e;\ V_k) = \frac{\max\,(U_k - U_e)}{e}$$

b) Maniera indicatorilor normați

$$C_c(V_e;\ V_k) = \sum_i K_i^n(U_e - U_k);\quad K_i^n = \frac{k_i}{\sum_i k_i}$$

$$C_d(V_e;\ V_k) = \sum_i K_i^n(U_k - U_e)$$

în care: V_e; V_k = variantele care se compară
U_e; U_k = utilitățile aferente acestor variante (e, k).
Valorile indicatorilor de concordanță și discordanță în manieră SEMA se determină astfel:

$$C_c(V_1,\ V_2) = \frac{(1+7)}{5+2{,}5+1{,}5+1+7} = 0{,}471;$$

$$C_c(V_1,\ V_3) = \frac{5+1+7}{17} = 0{,}756;$$

$$C_c(V_1,\ V_4) = \frac{5+1{,}5+7}{17} = 0{,}794;$$

Scanned with OKEN Scanner

$$C(V_2,\ V_1) = \frac{5 + 2{,}5 + 1{,}5 + 1}{17} = 0{,}588;$$

$$\vdots$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$C(V_4,\ V_3) = \frac{2{,}5 + 1{,}5 + 1 + 7}{17} = 0{,}471;$$

$$C_d(V_1,\ V_2) = \max\ (1 - 0{,}5;\ 0{,}8 - 0;\ 1 - 0) = 1;$$

$$C_d(V_1,\ V_3) = \max\ (1 - 0,\ 1 - 0) = 1;$$

$$C_d(V_1,\ V_4) = \max\ (0{,}6 - 0;\ 1 - 0) = 1;$$

$$C_d(V_2;\ V_1) = \max\ (1 - 0) = 1;$$

$$\vdots$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$C_d(V_4;\ V_3) = \max\ (0{,}3 - 0;\ 1 - 0{,}6;\ 1 - 0) = 1.$$

Matricele coeficienților (C_c) și (C_d) se scriu astfel:

$$\| M_{C_c} \| = \begin{Vmatrix} 0 & 0{,}471 & 0{,}765 & 0{,}794 \\ 0{,}588 & 0 & 0{,}441 & 0{,}529 \\ 0{,}294 & 0{,}706 & 0 & 0{,}529 \\ 0{,}706 & 0{,}471 & 0{,}471 & 0 \end{Vmatrix}$$

$$\| M_{C_d} \| = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0{,}5 & 1 \\ 0{,}5 & 0{,}7 & 0 & 1 \\ 0{,}5 & 1 & 1 & 0 \end{Vmatrix}$$

Varianta optimă se obține în urma aplicării unor relații de forma:

$$V_{opt}(V_1;\ V_4) = \max\ \{[C_c(V_1:\ V_4) - C_d(V_1,\ V_4)]\ [C_c(V_4,\ V_1) - C_d(V_4,\ V_1)]\} = \max\ [(0{,}794 - 1);\ (0{,}706 - 0{,}5)] \rightarrow V_{opt} = V_4.$$

Valorile indicatorilor normați de concordanță și discordanță rezultă pe baza următoarelor calcule:

$$C_c^n(V_1;\ V_2) = \frac{5}{17}(1 - 0) = 0{,}412;$$

$$C_c^n(V_1,\ V_3) = 0{,}294(0{,}5 - 0{,}3) + 0{,}412(1 - 0{,}5) = 0{,}265;$$

$$C_c^n(V_1,\ V_4) = 0{,}294(0{,}5 - 0) = 0{,}147;$$

$$C_c^n(V_2,\ V_1) = 0{,}294(1 - 0{,}5) + 0{,}147(0{,}8 - 0) + 0{,}088(1 - 0) = 0{,}353;$$

$$C_c^n(V_2,\ V_3) = 0{,}294(1 - 0{,}3) = 0{,}206;$$

$$C_c^n(V_2,\ V_4) = 0{,}294(1 - 0) + 0{,}147(0{,}8 - 0{,}6) + 0{,}088(1 - 0) = 0{,}411;$$

Scanned with OKEN Scanner

$C_c^n(V_3, V_1) = 0,147(1 - 0) + 0,088(1 - 0) = 0,235;$

$C_c^n(V_3, V_2) = 0,147(1 - 0,8) + 0,412(0,5 - 0) = 0,235;$

$C_c^n(V_3, V_4) = 0,294(0,3 - 0) + 0,147(1 - 0,6) + 0,088(1 - 0) = 0,559;$

$C_c^n(V_4, V_1) = 0,147(0,6 - 0) + 0,059(1 - 0) = 0,118;$

$C_c^n(V_4, V_2) = 0,059(1 - 0) + 0,412(1 - 0) = 0,471;$

$C_c^n(V_4, V_3) = 0,059(1 - 0) + 0,412(1 - 0,5) = 0,265.$

După calcularea indicatorilor normați de concordanță și discordanță rezultă pentru C_c^n și C_d^n următoarele valori:

$$C_c^n(V_e, V_k) = \begin{Vmatrix} 0 & 0,412 & 0,265 & 0,147 \\ 0,353 & 0 & 0,206 & 0,411 \\ 0,235 & 0,235 & 0 & 0,559 \\ 0,118 & 0,471 & 0,265 & 0 \end{Vmatrix}$$

$$C_d^n(V_e, V_k) = \begin{Vmatrix} 0 & 0,353 & 0,235 & 0,118 \\ 0,412 & 0 & 0,235 & 0,471 \\ 0,265 & 0,206 & 0 & 0,265 \\ 0,147 & 0,411 & 0,559 & 0 \end{Vmatrix}$$

Matricea $C_d^n(V_e, V_k)$ se obține din matricea $C_c^n(V_e, V_k)$ transformînd liniile din (C_c^n) în coloanele lui (C_d^n). Varianta optimă rezultă din compararea diferenței indicatorilor $(C_c^n; C_d^n)$ și din selectarea valorii maxime a diferenței dintre $(C_c^n$ și $C_d^n)$. Pentru situația comparată rezultă V_3 drept varianta optimă. Aplicarea metodei Leaderului la construirea deciziei presupune stabilirea celei mai dominante alternative din mulțimea variantelor care concură la selecție. Dominanța unei variante asupra celeilalte se stabilește pe baza următoarelor reguli;

— Dacă V_e domină V_k atunci se atribuie primei variante două puncte iar ultimei variante zero puncte.

— Dacă V_e și V_k au aceeași influență una asupra celeilalte atunci fiecare primește cîte un punct.

— Se pleacă de la faptul că fiecare variantă se autodomină.

Dominanța între variante se poate analiza cu ajutorul grafelor conform următoarelor ipoteze.

— Variantele reprezintă modurile grafului.

— Dacă V_e domină V_k se orientează arcul dintre (e, k) de la (e) spre (k).

— Dacă V_e și V_k sînt la fel de influente una asupra celeilalte atunci arcul dintre ele va fi orientat în ambele sensuri.

— Autodominanta fiecărei variante se reprezintă printr-o buclă a cărei lungime este egală cu unitatea.

Scanned with OKEN Scanner

Adunînd matricele $(M_{c_1} - M_{c_4})$ rezultă matricea de dominanță între variante sub forma:

$$M_t = \sum_i M_{c_i} = \begin{Vmatrix} 5 & 3 & 3 & 4 \\ 7 & 5 & 4 & 6 \\ 5 & 6 & 5 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 5 \end{Vmatrix}$$

Varianta optimă se selectează aplicînd matricei (M_t) următoarea relație:

$$\max P_j^{(k)} = \max \left[p_j^{(k)} / \sum_j p_j^{(k)}\right]$$

Prin $P_j^{(k)}$ și $p_j^{(k)}$ s-au notat puterile de ordinul (k) a variantei respectiv a liniei (j) din matricea (M_t). Calculînd puterile de ordinul (1) și (2) rezultă următoarele valori:

$p_1^{(1)} = 5 + 3 + 5 + 4 = 17$; $p_2^{(1)} = 7 + 5 + 4 + 6 = 22$

$p_3^{(1)} = 5 + 6 + 5 + 6 = 22$ $p_4^{(1)} = 6 + 4 + 4 + 5 = 19$ $(V_2\, I\, V_3)$

$p_1^{(2)} = 5 \cdot 17 + 3 \cdot 22 + 5 \cdot 22 + 4 \cdot 19 = 337$

$p_2^{(2)} = 7 \cdot 17 + 5 \cdot 22 + 4 \cdot 22 + 6 \cdot 19 = 431$

$p_3^{(2)} = 5 \cdot 17 + 6 \cdot 22 + 5 \cdot 22 + 6 \cdot 19 = 441$

$p_4^{(2)} = 6 \cdot 17 + 4 \cdot 22 + 4 \cdot 22 + 5 \cdot 19 = 373$

Se observă ca maximum puterii de dominantă aparține lui (V_3) deci se acceptă ca optimă varianta a treia de realizare a obiectivului industrial în urma aplicării metodei de decizie de tip Leader.

Sintetizînd rezultatele obținute pe baza metodelor de decizie se obțin datele din tabelul 142.

Tabelul 142

Metoda	Neuman-Morgenstern-Fishburn		Electre		Leander	Frecvență
V_i	coeficienți k_i egali	coeficienți k_i diferiți	1	2		
V_1	—	V_1	—	—	—	1
V_2	V_2	—	—	—	—	1
V_3	V_3	—	—	V_3	V_3	3
V_4	—	V_4	V_4	—	—	2

Se alege V_3 ca varianta optimă de realizare a obiectivului industrial.

Problema 106

Fie două instalații I_1 și I_2 identice din punct de vedere constructiv și funcțional care prezintă performanțe diferite în exploatare. Utilitățile pentru cele trei stări de funcționare se notează astfel:

U_n = utilitatea pentru starea normală de funcționare a instalației.

U_u = utilitatea pentru starea de avariere ușoară a instalației.

U_g = utilitatea pentru starea de avariere gravă a instalației.

Scanned with OKEN Scanner

Valorile pentru cele două instalații și cele trei stări de funcționare ($n = 3$) se dau astfel:

$U_{n_1} = 1$; $U_{n_2} = 0{,}7$; $U_{u_1} = 0{,}6$; $U_{u_2} = 0{,}5$

$U_{g_1} = 0$; $U_{g_2} = 0{,}2$; $n_1 = 3$; $n_2 = 3$

Probabilitățile de succes (p) și insucces (q) pentru instalația I_1 au valorile

$p_1 = 0{,}55$; $q_1 = 0{,}45$; $p_1 + q_1 = 1$ $C_{I_E} = 0{,}3$ biți

Prin C_{I_E} s-a notat entropia informațională etalon a sistemului. Datele din exploatarea instalației permit stabilirea următoarelor probabilități de succes (p) și frecvențele (f) apariției lor.

Tabelul 143

Stările de funcționare	n		u		g	
	f_2	p_2	f_2	p_2	f_2	p_2
n	63	0,84	8	0,10667	4	0,05383
u	8	0,72727	3	0,27273	0	0
g	4	0,30769	0	0	9	0,69231

Aplicarea funcțiilor de eficiență a modelelor Wald-Neumann, Hurwicz și Bayes-Laplace conduce la următoarele rezultate:

$F_{w-N} = \max \min U_{ij} = 0{,}2 \rightarrow V_2$

$F_H = \max(h_1;\ h_2) = \max\ (0{,}6;\ 0{,}5) = 0{,}6 \rightarrow V_1$

$h_1 = 1 \cdot 0{,}6 + (1 - 0{,}6) \cdot 0 = 0{,}6$; $h_2 = 0{,}7 \cdot 0{,}6 + (1 - 0{,}6)\ 0{,}2 = 0{,}5$

$F_{B-L_1} = \max \dfrac{\sum U_{ij}}{n} = \max(0{,}533,\ 0,\ 467) = 0{,}533 \rightarrow V_1$

$\left(\dfrac{\sum U_{ij}}{n}\right)_1 = \dfrac{1 + 0{,}6 + 0}{3} = 0{,}533$; $\left(\dfrac{\sum U_{ij}}{n}\right)_2 = \dfrac{0{,}7 + 0{,}5 + 0{,}2}{3} = 0{,}467$

Două din cele trei criterii de decizie conduc la varianta (V_1) ca soluție optimă de rezolvare a problemei.

Pentru aplicarea criteriului de decizie Savoge se predetermină regretul (lipsa de cîștig) astfel:

$$||r_{ij}|| = ||\max U_{ij} - U_{ij}|| = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0{,}2 \\ 0{,}3 & 0{,}1 & 0 \end{Vmatrix}$$

Funcția de eficiență a modelului de decizie tip Savoge se scrie astfel:

$$F_S = \min \max r_{ij} = \min(0{,}2 \cdot 0{,}3) = 0{,}2 \rightarrow V_1$$

În vederea aplicării criteriului Marcov pentru determinarea variantei optime se scrie și se rezolvă un set de relații de forma:

$$p_n^{(t)} + p_u^{(t)} + p_g^{(t)} = 1;\quad [p^{(t)}][D] = 0,$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: $p^{(t)}$ = vectorul probabilităților de stare a sistemului la momentul (t)
$[D] = [M] - [I]$ = matricea dinamică a sistemului
$[M]$ = matricea stochastică a probabilităților de trecere a sistemului dintr-o stare în alta.
$[I]$ = matricea unitate.

Calculînd matricea $[D]$ și înlocuind în setul inițial de relații rezultă:

$$p_n^{(t)} + p_u^{(t)} + p_g^{(t)} = 1$$

$$-0{,}16000\, p_n^{(t)} + 0{,}72727\, p_u^{(t)} + 0{,}30769\, p_g^{(t)} = 0$$

$$0{,}10667\, p_n^{(t)} - 0{,}72727\, p_u^{(t)} = 0$$

$$0{,}05333\, p_n^{(t)} - 0{,}30769\, p_g^{(t)} = 0$$

Rezolvarea acestor relații conduce la următoarele valori ale probabilităților.

$p_n^{(t)} = 0{,}75754$; $(p_u^{(t)} + p_g^{(t)}) = 0{,}1111 + 0{,}1313 = 0{,}242461$

Varianta optimă se stabilește prin aplicarea unei relații de forma:

$V_{opt} = \max S_{mai} = \max \Sigma U_{ij} p_j^{(t)} = \max [0{,}824 : 0{,}612]$

$V_{opt} = 0{,}824$ U.V.

$S_{mat_1} = 1 \cdot 0{,}75754 + 0{,}6 \cdot 0{,}1111 + 0 \cong 0{,}824$

$S_{mat_2} = 0{,}7 \cdot 0{,}75754 + 0{,}5 \cdot 0{,}1111 + 0{,}2 \cdot 0{,}13136 \cong 0{,}612$

Decizia optimă indică varianta V_1 care se va lua în considerație la întocmirea documentelor de reparare a instalațiilor.

Dacă se calculează entropia informațională sau comentropia generată de cele două instalații se obțin următoarele rezultate:

$$C_I = [-3{,}32 \sum_i p_i \lg p_i - 3{,}32 \sum_i q_i \lg q_i]$$

$C_{I_1} = -3{,}32[0{,}55 \lg 0{,}55 + 0{,}45 \lg 0{,}45] \approx 0{,}9928$ biți.

$C_{I_2} = -3{,}32\,[0{,}75754 \lg \cdot 0{,}75754 + 0{,}24246 \lg \cdot 0{,}24246] = 0{,}721$ biți

Gradul de organizare a sistemului pentru cele două situații analizate are următoarele valori:

$$g_{I_1} = \frac{C_{IE}}{C_{I_1}} 100 = \frac{0{,}3 \cdot 100}{0{,}9928} = 30\%$$

$$g_{I_2} = \frac{C_{IE}}{C_{I_2}} 100 = \frac{0{,}3 \cdot 100}{0{,}721} \approx 42\%$$

Întrucît cinci din cele șase criterii de decizie indică ca optimă varianta V_1 se acceptă ideea reparării instalației I_1.

Prioritatea reparării instalației (I_1) față de instalația (I_2) este confirmată și de nivelul comentropiilor și a gradului de organizare a instalațiilor în raport cu instalația etalon.

Scanned with OKEN Scanner

Problema 107

Aplicarea algoritmului Fulkerson la determinarea unui flux maxim printr-un graf se face plecînd de la schema fig. 62 și de la următoarele date inițiale:

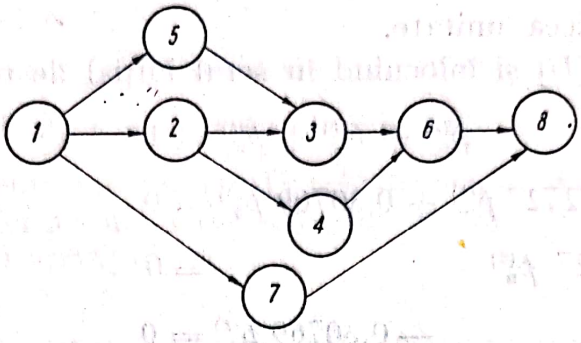


Fig. 62

Tabelul 144

Duratele t_{ij}	Durata accelerată d_{ij}	Durata normală la cost minim D_{ij}	Costul operațiilor C_{ij}
1—2	11	20	1
2—3	30	50	1,5
3—6	32	52	3
6—8	6	8	5
1—3	12	36	4,66
2—4	21	27	6
4—6	25	50	1
1—5	33	36	1
5—6	60	80	2
1—7	12	20	1,3
7—8	50	90	2

Se urmărește prezentarea aspectului matematic al algoritmului Fulkerson și stabilirea soluției optime a fluxului maxim prin graful supus analizei.

Rezolvare

Modelul matematic primal se poate scrie astfel:

$$[\text{Max}] \sum_{(i,j)\in U} C_{ij} t_{ij}$$

$$t_{ij} + t_i - t_j \leqslant 0 \quad \text{pentru orice } (i, j) \in U$$

$$-t_1 + t_n \leqslant \lambda$$

$$t_{ij} \leqslant D_{ij} \quad \text{pentru orice } (i, j) \in U$$

$$-t_{ij} \leqslant -d_{ij} \quad \text{pentru orice } (i, j) \in U$$

Costul total al ansamblului de lucrări $p(\lambda)$ se exprimă cu o relație de forma:

$$p(\lambda) = \sum_{(i,j)\in U} k_{ij} - \max \sum_{(i,j)\in U} C_{ij} t_i$$

în care k_{ij} = partea constantă a costului.

Scanned with OKEN Scanner

Modelul matematic dual se poate exprima astfel:

$$\text{Min}\,[(\lambda v + \sum_{(i,j)\in U} D_{ij}q_{ij} - \sum_{(1,j)} p_{ij}h_{ij})]$$

$$f_{ij} + g_{ij} - h_{ij} = C_{ij} \quad \text{pentru orice } (i, j) \in U$$

$$\sum_{(i,j)\in U_i^+} f_{ij} - \sum_{(i,j)\in U_i^-} - f_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{pentru } i \neq 1 \text{ și } i \neq n \\ -v & \text{pentru } i = n \\ +v & \text{pentru } i = 1 \end{cases}$$

în care: U_i = mulțimea arcelor, care formează graful programului analizat;
— U_i^+ = submulțimea arcelor incidente în modul (i) către exterior;
— U_i^- = submulțimea arcelor incidente în (i) către interior;
— $g_{ij} = \max[0, C_{ij} - f_{ij}]$; $h_{ij} = \max[0, f_{ij} - C_{ij}]$.

Deci se urmărește găsirea numerelor nenegative (f_{ij}) și (v) cîte unul pentru fiecare arc al grafului astfel încît să se minimizeze o funcție de forma:

$$F(f_{ij}, v) = (\lambda v + \sum_{(i,j)\in U} D_{ij}\max[(0; C_{ij} - f_{ij})] - \sum_{(i,j)\in U} d_{ij} \max[(0; f_{ij} - C_{ij})] = \text{minim.}$$

Pentru a scrie mai explicit funcția de eficiență cu care operează algoritmul Fulkerson se fac următoarele notații:

$$f_{ij} = f_{ij;1} + f_{ij,2}; \quad f_{ij,1} \leqslant C_{ij}; \quad f_{ij,2} < \infty$$

$$C_{ij;k} = \begin{cases} C_{ij}; & \text{la } k = 1 \\ \infty & \text{la } k = 2 \end{cases} \qquad d_{ij;k} = \begin{cases} D_{ij} & k = 1 \\ d_{ij} & k = 2 \end{cases}$$

Dacă se neglijează termenii constanți atunci modelul matematic dual cu care operează algoritmul Fulkerson se poate pune sub următoarea formă:

$$\text{Min}\,[(\lambda v - \sum_{(k=1)} \sum_{(i,j)\in U} d_{ij;k} f_{ij;k})] = f_n$$

$$\sum_k \sum_{(ij)\in U}^{+} f_{ij} - \sum_k \sum_{(ij)\in U}^{-} f_{ij;k} = \begin{cases} 0 & i \neq 1 \quad i \neq n \\ -v & i = n \\ +v & i = 1 \end{cases}$$

$$0 \leqslant f_{ij;k} \leqslant C_{ij;k}$$

în care: $d_{ij,k}$ = costul afectat fiecărei capacități a elementelor din graf $(C_{ij,k})$.
Procedeul utilizat la aplicarea algoritmului Fulkerson constă în marcarea unor vîrfuri a grafului în vederea găsirii unui lanț (cu anumite proprietăți) format dintr-un șir de arce de o orientare oarecare. Dacă $(\lambda = t_n)$ atunci se obține valoarea minimă a funcției (f_n).
Etapele de calcul din structura algoritmului Fulkerson se prezintă astfel:
— Se calculează $t_1, t_2, \ldots, t_n$ prin elevație cu relații de forma:

$$t_j = \max_i(t_i + d_{ij;1}) = \max_i(t_i + D_{ij}); \quad f_{ij;k} = 0$$

Scanned with OKEN Scanner

— Procesul de afișaj are următoarea structură:

Se atribuie primului vîrf marcajul (1) și se caută un arc între două vîrfuri ($i = 1$ și j, $k = 2$) astfel ca aceasta să corespundă grafului în condițiile $d_{ij,\,2} = 0$. Noul vîrf se notează $(1,\ 2 + \varepsilon_j)$. Se repetă operația de marcare din aproape în aproape pînă cînd vîrful (n) este marcat. În acest caz calculul se termină.

Dacă vîrful (n) nu ajunge să fie marcat atunci se scade mărimea (δ) din toate evenimentele vîrfurilor nemarcate. Acest procedeu nu schimbă originea $(t_1 = 0)$ dar reduce pe $(t_n = \lambda)$.

Mărimea (δ) se alege astfel încît să satisfacă restricțiile impuse modelului Fulkerson.

— Continuarea calculului pentru cazul $(t_n \neq \lambda)$ se face după următoarele reguli: se păstrează marcajul anterior și se continuă procesul de afișaj după cum urmează. Se ia un vîrf (i) marcat și se caută un vîrf (j) nemarcat astfel încît (e, j, k) să fie arc al grafului care respectă condițiile:

$$d_{ij;\,k} = 0; \quad f_{ij;\,k} < C_{ijk}; \quad \text{sau} \quad d_{ij,\,k} = 0; \quad f_{ij,\,k} > 0.$$

În primul caz vîrful (j) primește marcajul $(l, k, + P_j)$ cu condiția $P_j = \min [(e_{ii}(e_{ij,\,k} - f_{ij,\,k})]$ iar în al doilea caz vîrful (j) primește marcajul $(i, k - e_j)$ cu condiția $\varepsilon_j = \min [\varepsilon_i, f_{ji,\,k}]$.

Această marcare se repetă din aproape în aproape pînă se atinge vîrful (n). Dacă vîrful (n) nu a putut fi marcat atunci se trece la schimbarea datelor evenimentelor din graf.

Astfel se definesc mulțimile arcelor A_1 și A_2 după cum urmează:

$$A_1 = \{(i, j, k)/i \text{ marcat}; j \text{ nemarcat}; d_{i,\,j,\,k} < 0\}$$

$$A_2 = \{(i, j, k)/i \text{ nemarcat}; j \text{ marcat } d_{i,\,j,\,k} > 0\}$$

Se calculează (δ_1) și (δ_2) și se alege (δ) cu ajutorul următoarelor relații:

$$\delta_1 = \min_{A_1}(-d_{i,\,j,\,k}); \quad \delta_2 = \min_{A_2}(d_{ij,\,k})$$

$$\delta = \text{minim } (\delta_1,\ \delta_2)$$

Se schimbă datele vîrfurilor (i) scăzînd (δ) din toate duratele (t_i) corespunzătoare vîrfurilor (i) nemarcate. Se șterg apoi toate marcajele și se reia operația de la capăt cu noile notații.

Pe această cale se generează fluxuri succesive și date care satisfac restricțiile algoritmului Fulkerson. Costul total al ansamblului de lucrări se poate determina cu o relație de forma:

$$p(\lambda = t_n) = \left[\sum_{(i,\,j) \in U} (k_{ij} - D_{i,j}\, C_{ij}) - \lambda v + \sum_{k} \sum_{(i,\,j)} d_{ij,\,k} f_{ij,\,k}\right]$$

Pentru a arăta modul de aplicare a algoritmului Fulkerson la stabilirea variantei optime de realizare a unui ansamblu de lucrări la un cost minim se trasează graful din figura 63.

Procesul de afișaj începe prin a calcula pentru fiecare arc valorile:

$$d_{ij,\,1} = D_{ij} + t_i - t_j; \quad d_{ij,\,s} = d_{ij} + t_i - t_j$$

Scanned with OKEN Scanner

Rezultatele de calcul se dau astfel:

Tabelul 145

Operația	$t_i - t_j$	$d_{ij,1} = D_{ij} + t_i - t_j$	$d_{ij,2} = d_{ij} + t_i - t_j$
(1,2)	0 — 20 = — 20	20 — 20 = 0	11 — 20 = — 9
(2,3)	20 — 70 = — 50	50 — 50 = 0	30 — 50 = — 20
(3,6)	70 — 122 = — 52	52 — 52 = 0	32 — 52 = — 20
(6,8)	122 — 130 = — 8	8 — 8 = 0	6 — 8 = — 2
(1,3)	0 — 70 = — 70	36 — 70 = — 34	12 — 70 = — 58
(2,4)	20 — 47 = — 27	27 — 27 = 0	21 — 27 = — 6
(4,6)	57 — 122 = — 75	50 — 75 = — 25	25 — 75 = — 50
(1,5)	0 — 36 = — 36	36 — 36 = 0	33 — 36 = — 3
(5,6)	36 — 122 = — 86	80 — 86 = — 6	60 — 86 = — 26
(1,7)	0 — 22 = — 22	22 — 22 = 0	12 — 22 = — 10
(7,8)	22 — 130 = — 108	90 — 198 = — 18	50 — 108 = — 58

Dacă se aplică procesul de afișaj se trece la atribuirea marcajelor pentru nodurile grafului și se constată că s-a atins modul (8) a cărui marcaj este (6, 1, +, 1). Se modifică fluxul cu o unitate și prin calcul se obține $\delta = 6$. Pentru $t_8 = \lambda = 124$ graful din fig. 64 prezintă drumuri critice (1, 2, 3, 6, 8) și (1, 5, 6, 8). Costul a crescut cu $\Delta p = 6$ u.v. față de cazul $t_n = 130$ u.t.

Pentru a trece la o nouă etapă de optimizare se calculează duratele operațiilor și se obțin următoarele date:

Tabelul 146

Operația	$t_i - t_j$	$d_{ij,1} = D_{ij} + t_i - t_j$	$d_{ij,2} = d_{ij} + t_i - t_j$
(1,2)	0 — 14 = — 14	20 — 14 = 6	11 — 14 = — 3
(2,3)	14 — 64 = — 50	50 — 50 = 0	30 — 50 = — 20
(3,6)	64 — 116 = — 52	52 — 52 = 0	32 — 52 = — 20
(6,8)	116 — 124 = — 8	8 — 8 = 0	6 — 8 = — 2
(1,3)	0 — 64 = — 64	36 — 64 = — 28	12 — 64 = — 52
(2,4)	14 — 41 = — 27	27 — 27 = 0	21 — 27 = — 6
(4,6)	41 — 116 = — 75	50 — 75 = — 25	25 — 75 = — 50
(1,5)	0 — 36 = — 36	36 — 36 = 0	33 — 36 = — 3
(5,6)	36 — 116 = — 81	80 — 80 = 0	60 — 80 = — 20
(1,7)	0 — 22 = — 22	22 — 22 = 0	12 — 22 = — 10
(7,8)	22 — 124 = — 102	90 — 102 = — 12	50 — 102 = — 52

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se aplică algoritmul Fulkerson la noua situație rezultă ($\delta = 3$) și $t_8 = \lambda = 121$ unități de timp (u.t.).

Costul crește în raport cu iterația precedentă cu șase unități valorice. Dacă se mai aplică o singură iterație se obține ($\delta = 9$) și o creștere a costului cu 31,5 unități valorice. Drumurile critice care apar în acest graf sînt: (1, 2, 3, 6, 8); (1, 5, 6, 8) și (1, 7, 8).

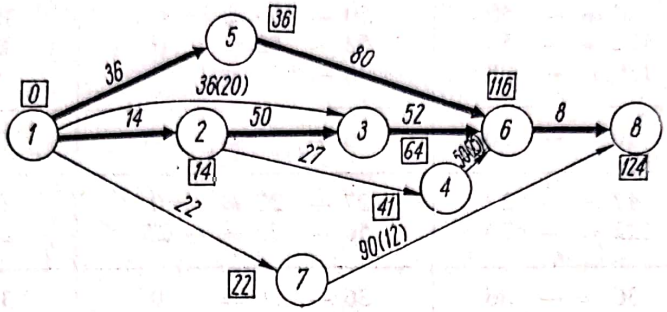


Fig. 63

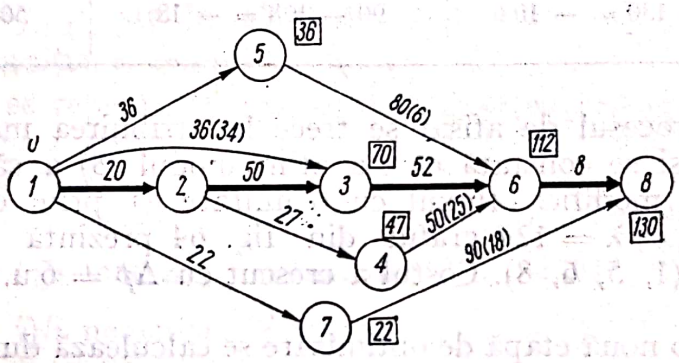


Fig. 64

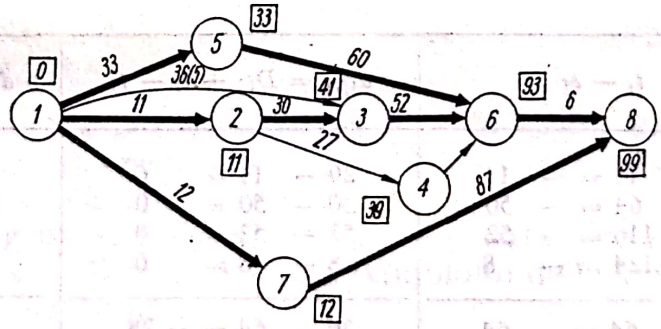


Fig. 65

Aplicînd noului graf trei iterații se obțin pentru (δ) și pentru creșterea costurilor următoarele valori:

$\delta_I = 10$ ut; $\Delta p_I = 48$ unități valorice.
$\delta_{II} = 1$ ut. $\Delta p_{II} = 5{,}5$ unități valorice.
$\delta_{III} = 2$ ut. $\Delta p_{III} = 14$ unități valorice.

Scanned with OKEN Scanner

În toate aceste situații drumurile critice își păstrează traseele (1, 2, 3, 6, 8); (1, 5, 6, 8) și (1, 7, 8). Graful după ultima iterație se prezintă în figura 65. Sintetizînd datele de calcul se obțin următoarele rezultate finale.

Tabelul 147

Operații	Timpii t_{ij}						
	0	1	2	3	4	5	6
(1,2)	20	14	11	11	11	11	11
(2,3)	50	50	50	41	31	30	30
(3,6)	52	52	52	52	52	52	52
(6,8)	8	8	8	8	8	8	8
(1,3)	36	36	36	36	36	36	36
(2,4)	27	27	27	27	27	27	27
(4,6)	50	50	50	50	50	50	50
(1,5)	36	36	33	33	33	33	33
(5,6)	80	80	80	71	61	60	60
(1,7)	22	22	22	22	12	12	12
(7,8)	90	90	90	90	90	89	87
$(t_1 = \lambda)$	130	124	121	112	102	101	99
t	—	6	3	9	10	1	2
Creșterea costului total	—	6	6	31,5	48	5,5	14

Dacă graful are mai mult de 15 arce atunci găsirea variantei optime nu se poate face manual ci se recomandă folosirea unui program de calcul.

Problema 108

Pentru determinarea celei mai raționale variante de transport a produselor de la șase centre de producție la șase centre de consum se pleacă de la aplicarea algoritmului Little unei matrici a costurilor de transport de forma:

$$\|C\| = \begin{array}{c|cccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & \infty & 27 & 43 & 16 & 30 & 26 \\ 2 & 7 & \infty & 16 & 1 & 30 & 25 \\ 3 & 20 & 13 & \infty & 35 & 5 & 0 \\ 4 & 21 & 16 & 25 & \infty & 18 & 18 \\ 5 & 12 & 46 & 27 & 48 & \infty & 5 \\ 6 & 23 & 5 & 5 & 9 & 5 & \infty \end{array}$$

Se urmărește determinarea variantei optime de transport a produselor între centrele de producție și cele de consum, astfel încît costul total să fie minim în condiții de restricții impuse de aspectele tehnologice și funcționale ale întregului ansamblu.

Rezolvare

$$Z_0 = \min Z(t);\ Z(t) = \sum_{(i,j)\in t} C_{ij} + p_n \sum_{(ij)\in t} I_{ij} = \text{minim};\ \text{în ipoteza } I_{ij} = 0.$$

Regulile algoritmului Little se pot rezuma astfel:

1. Ramificarea de la un nod (i, j) la alte două noi noduri (k, l) și $(\bar{k}, \bar{l})$ se face împărțind mulțimea inițială de noduri în două obținute prin permutări astfel încît prima mulțime (k, l) să conțină perechea de elemente (i, j) iar mulțimea $(\bar{k}, \bar{l})$ să conțină perechea (i, j) dar să nu conțină perechea $(\bar{k}, l)$.

2. Determinarea imaginilor inferioare se face cu ajutorul metodei reducerii.

Pentru aplicarea acestei metode se consideră o succesiune oarecare (t) la care funcția (Z) va avea valoarea $Z(t)$. Dacă se scade o constantă (k) din fiecare element al liniei (1) din matricea $||C||$ se obține o nouă matrice $||\bar{C}||$.

În aceasta nouă matrice la aceeași succesiune va corespunde o nouă valoare pentru (Z) și anume $\bar{Z}(t)$ mai mică decît precedenta cu (k). În aceste condiții succesiunea (t) din prima situație își păstrează caracteristicile. Dacă succesiunea (t) a fost optimă pentru matricea $||C||$ ea este optimă și pentru matricea $||\bar{C}||$. Mărimea $||\bar{C}||$ se numește matrice redusă. Legătura din $Z(t)$ și $\bar{Z}(t)$ se poate scrie astfel:

$$Z(t) = (\bar{Z}(t) + h);$$

$$h = \sum_{i=1;\ l\leqslant 1\leqslant n}^{n} \min C_{ij} + \sum_{j=1\ l\leqslant i\leqslant n}^{n} \min(C_{ij} - \min_{1\leqslant j\leqslant n} C_{ij})$$

în care:

h = suma constantelor de reducere pe linii și pe coloane = margine inferioară.

Ataşăm acestei margini inferioare (h) nodul inițial (n_i) și vom lua pentru continuarea calculului un nod oarecare (x) cu marginea inferioară $m(x)$ și matricea corespunzătoare $C(x)$. Prin ramificare din (x) se creează două noduri (y) și $(\bar{y})$. Această ramificare presupune găsirea unei perechi (k, l) astfel încît succesiunea (x) care conține aceasta pereche să ducă la o valoare cît mai mică pentru Z iar celelalte succesiuni care derivă din (x) care nu conțin perechea (k, l) să facă cît mai mare funcția (Z).

Deci găsirea perechii (k, l) înseamnă a calcula pentru fiecare element $(c_{ij} = 0)$ din matricea $C(x)$ a numărului r_t = cel mai mic element pe linia (i) diferit de C_{ij} + cel mai mic element pe coloana (j) diferit de C_{ij}. Se acceptă perechea (k, l) pentru care $R(k, l)$ este maxim. $R(k, l)$ se calculează astfel:

$$R(k, l) = \max_{i,j} r_t(i, j).$$

Scanned with OKEN Scanner

Se notează prin (y) submulțimea ce conține perechea (k, l) și prin $(\bar{y})$ submulțimea ce nu conține aceasta pereche. Marginea inferioară atașată mulțimii $(\bar{y})$ se determină astfel:

$$m_i(\bar{y}) = v(\bar{k}, \bar{l}) = m(x) + \max_{i,j} r_t(i, j).$$

Pentru calculul marginii inferioare atașate mulțimii (y) se procedează astfel:

— Se șterge din matricea $C(x)$ linia (k) și coloana (l).

— Se înlocuiesc cu infinit elementele lui $C(x)$ care permit formarea de subcircuite.

— Se calculează noua matrice redusă și se determină $h(y)$ ca sumă a constantelor de reducere.

— Marginea inferioară $v(y)$ atașată nodului (y) se calculează astfel:

$$v(y) = v(k, l) = v(x) + h(y)$$

3. Alegerea nodului pentru o nouă ramificație se face după valoarea minimă a limitei inferioare $v(x)$.

4. Recunoașterea unui nod care conține soluții neadmisibile sau neoptimale. O soluție este neadmisibilă dacă s-a creat un subcircuit. Acest lucru se evită încă din faza construirii matricelor reduse asociate nodurilor. Dacă se găsește un nod pentru care $v(x) = \infty$ atunci acest nod conține numai soluții neadmisibile. Soluțiile neoptimale se recunosc comparînd $v(x)$ cu $Z(t)$. Dacă $v(x) > Z(t)$ atunci nodul (x) conține numai soluții neoptimale.

5. Recunoașterea unui nod final care conține o soluție optimă corespunzătoare unei permutări (t) se face comparînd $Z(t)$ cu $v(x)$. Dacă $Z(t) \leqslant v(x)$ atunci nodul (x) conține o soluție optimă ce se poate ramifica.

Schema logică pentru aplicarea algoritmului Little se poate urmări pe figura 66. Minimum cheltuielilor de transport pe traseul comisvoiajorului se obține în 12 pași.

Pasul 1. Calculul începe cu datele matrice $||C||$ punîndu-se $Z_0 = \infty$. Ramificația începe cu nodul (x) care aparține mulțimii (M).

Pasul 2. Se reduce matricea $||C||$ scăzînd din prima linie și linia a patra ($\min C_{ij} = C_{14} = 16$) din linia a doua $C_{24} = 1$ din a treia zero și din linia a cincea și-a șasea δ. Se trece apoi la reducerea matricei rezultate din calculul anterior scăzîndu-se din prima coloană $\min\limits_{1 \leqslant j \leqslant 6} (C_{ij} - \min\limits_{1 \leqslant j \leqslant 6} C_{ij}) = \min\limits_{1 \leqslant j \leqslant 6} C_{ij} = C'_{41} = 5$. Celelalte coloane nu pot fi modificate, deoarece elementele lor minime (C'_{ij}) sînt egale cu zero. Se calculează în continuare suma constantelor de reducere (h) și se etichetează $(x = M)$ cu marginea inferioară $v(x) = h = 48$.

Pasul 3. Se calculează $r_t(C_{ij})$ pentru toate elementele nule $C_{ij} = 0$ ale matricei reduse. Deci $r_t(1,4) = 10 + 0 = 10$; $r_t(2, 4) = 1 + 0 = 1$; $R(k, l) = \max r_t(k, l) = R(1,4) = 10$.

Schema logică pentru aplicarea algoritmului LITTLE

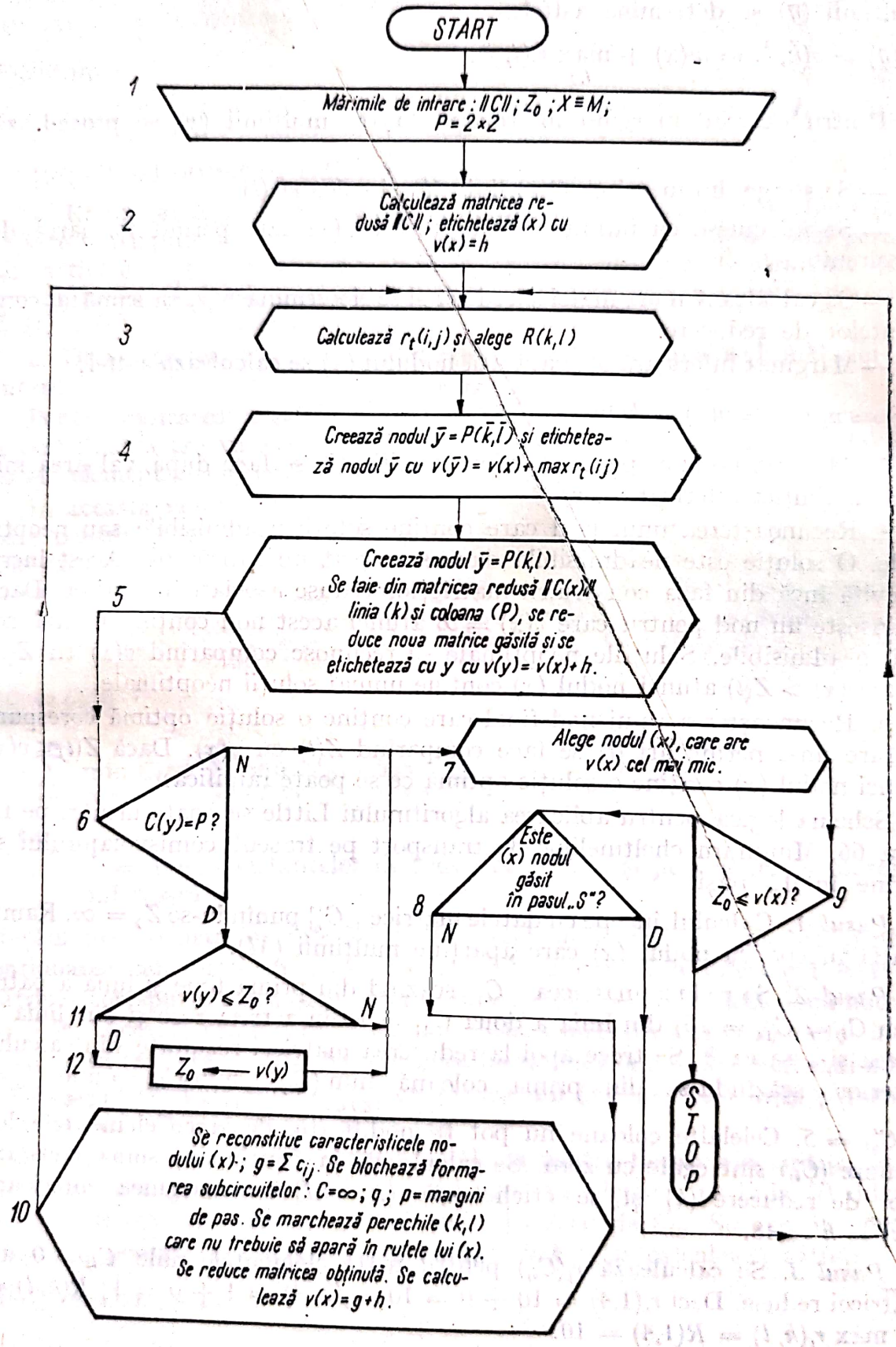


Fig. 66

În urma acestor calcule matricea redusă și elementele $r_t(i, j)$ apar sub forma:

	1	2	3	4	5	6
1		11	17	0 (10, 1)	14	10
2	1		15	0	29	24 (5)
3	15 (1)	13 (0)		35	5	0
4	0	0	9		2	2 (2)
5	2	41 (0)	22 (9)	43		0
6	13	0	0	4	0 (2)	

Pasul 4. Se creează nodul $\bar{y} = P(\overline{1,4})$ care se etichetează cu $v(\bar{y}) = v(1,4) = 48 + 10 = 58$.

Pasul 5. Se creează nodul $y = P(1,4)$ și se construiește matricea asociată tăind din matricea redusă $c(x)$ linia $k = 1$ și coloana $1=4$. Se atribuie elementului $C_{pq} = C_{lk} = C_{41}$ valoarea infinit pentru a evita formarea scurt-circuitului (1,4,1). Se reduce noua matrice și se calculează $v(y) = 48 + 1 = 49$.

Rezultatele de calcul apar sub următoarea formă:

	1	2	3	4	5	6
1						
2	0 (16)	∞	14		28	23 (5)
3	15	13 (2)	∞		5	0
4	∞	0	9		2	2
5	2	41 (0)	22 (9)		∞ (2)	0
6	13	0	0		0	∞

Pasul 6. Conține o comandă logică prin care se arată dacă s-a ajuns la nodul final.

Dacă matricea redusă $C(y)$ este de tipul (2×2) atunci există numai două perechi de indici care închid un circuit cu (n) elemente.

Pasul 7. Selectează nodul care urmează să fie ramificat. Astfel dintre nodurile $y = P(1, 4)$ cu $v(1,4) = 49$ și $\bar{y} = P(\overline{1,4})$ cu $v(1,4) = 58$ se va ramifica nodul $y = P(1,4)$.

Pasul 8. Permite verificarea terminării alegerii nodurilor ce se vor ramifica.

Scanned with OKEN Scanner

Alegerea se încheie dacă costul celui mai bun circuit este egal cu cea mai mică margine inferioară a tuturor nodurilor terminale.

Pasul 9. Cuprinde o comandă pentru economia de timp. Dacă nodul (x) ales în pasul 7 este tocmai (y) găsit în pasul 5 calculele încep de la pasul 3. Ultima matrice $C(y)$ se notează $C(x)$ și se găsește $R(k,l) = R(2,1) = 16$.

Se creează două noduri $\overline{y}(\overline{2,1})$ și $y = P(2,1)$ cărora le atașăm $v(\overline{y}) = v(2,1) = 49 + 16 = 65$ și $v(y) = v(2,1) = 49 + 2 = 51$. Pentru calculul marginii inferioare $v(2,1)$ atașată nodului $y = P(2,1)$ se construiește matricea asociată ajungîndu-se la o nouă matrice redusă $C(y)$ corespunzătoare lui $y = P(2,1)$.

$C(y)=$

	1	2	3	5	6
2					
3		13	∞	5	0 (6)
4		∞	7	0 (0)	0
5		41	22	∞	0 (22)
6		0 (13)	0 (7)	0 (0)	∞

Procedînd la fel ca în iterația anterioară se găsesc perechile $(\overline{5,6})$; $(5,6)$ cu $v(\overline{5,6}) = 51 + 22 = 77$; $v(5,6) = 51 + 5 = 56$ și perechile $(\overline{3,5})$; $(3,5)$ cu $v(3,5) = 58 + 8 = 66$ și $v(3,5) = 56 + 7 = 63$. Matricele corespunzătoare acestor calcule se pot scrie sub următoarele forme:

	2	3	5	6
3	8	∞	0 (8)	
4	∞	7	0 (7)	
5				
6	0 (8)	0 (7)	∞	

	2	3	5
3			
4	∞	0	
6	0	∞	

Din ultima matrice rezultă că două perechi de indici au aceeași valoare maximă $r_t(k,l)$. Se alege una din ele $r_t(k,l) = r_t(3,5)$. Pentru a arăta că această pereche indică soluția optimă se procedează la verificarea rezultatului prin aplicarea regulilor din pasul 10.

Pasul 10. Începe cu reconstituirea caracteristicilor nodului $x = P(1,4)$. Astfel se pleacă de la matricea inițială și se calculează mărimea $(q = \sum_{(i,j \in V)} C_{ij})$.

Scanned with OKEN Scanner

În situația examinată ($y = 0$) nu avem nici o pereche de orașe (centre de producție—consum) implicate în rutele nodului (1,4). Întrucît perechii (1,4) îi este interzis să apară în rutele lui (x) se ia $C_{41} = \infty$. Se determină matricea asociată nodului $x = P(\overline{1,4})$ și se recalculează marginea inferioară $v(x) = g + h = 0 + 58 = 58$. Conform schemei logice se parcurg etapele de calcul începînd cu pasul al treilea din organigramă.

Urmărind acest algoritm se găsesc două noduri $\overline{y} = P(\overline{6,3})$ și $y = P(6,3)$ cu $v(\overline{6,3}) = 67$ și $v(6,3) = 63$. Aceeași margine inferioară o are și nodul (3,5). Pentru ramificarea următoare se alege nodul (3,5). Întrucît acest nod nu este nodul (y) găsit în ramificația precedentă se reconstituie caracteristicile nodului x și calculăm mărimea (g). Schema ramificațiilor ce se pot obține prin aplicarea algoritmului arătă ca în figura 67.

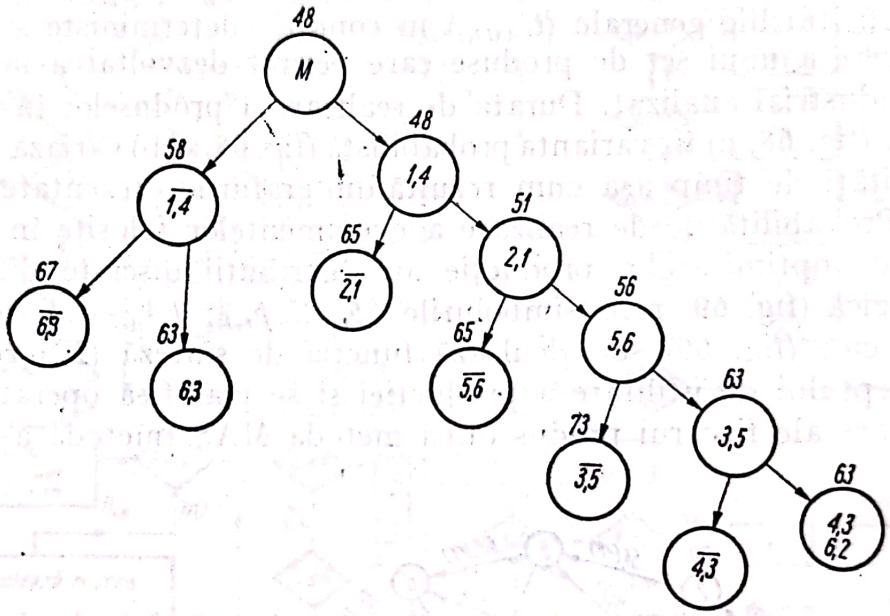


Fig. 67

Din matricea inițială și din schema figurii 67 se pot extrage elementele de calcul pentru mărimea (g).

$$g = C_{14} + C_{21} + C_{56} + C_{35} = 16 + 7 + 5 + 5 = 33.$$

Pentru a evita scurtcircuitele se șterg liniile ($i = 1, 2, 5, 3$) și coloanele ($j = 4, 1, 6$ și 5) și punem ($C_{42} = \infty$, și $C_{63} = \infty$). Se calculează apoi matricea redusă și se deduce limita inferioară $v(x) = g + h = 33 + 30 = 63$. Pe această cale se obține o matrice finală de forma (2×2).

Pașii 11 și 12. Permit stabilirea variantei optime dacă matricea finală este de forma (2×2). În acest caz avem doar două centre care completează un circuit. Costul întregului circuit cel corespunzător ultimului nod (y) are valoarea $Z = v(y)$. Dacă $Z < Z_0$ rezultă soluția optimă sub forma (1—4—3—5—6—2—1) cu valoarea $Z = 63$ u.v.

Caracteristicile algoritmului Little care este de tipul Branch and Bound se pot rezuma astfel:

— Fiecare iterație micșorează dimensiunile matricei.

— Limita inferioară asociată nodului care conține o pereche de centre (producție—consum) neincluse în circuit se calculează din matricea redusă.

Scanned with OKEN Scanner

— Înlăturarea scurtcircuitelor se face prin introducerea în matricea costurilor a valorii infinit.

— Ramificările se fac din nodurile cu cea mai mică limită inferioară.

— Acest tip de algoritm se aplică fără modificări și în cazul matricelor simetrice. Numărul soluțiilor în acest caz este egal cu $n_s = 0{,}5\ (n - 1)!$

Problema 109

Pentru studierea dezvoltării secțiilor de producție de serie din cadrul sistemelor industriale cu structură discretă se fac calculele prevăzute în schema logică din figura 69. Astfel se determină cheltuielile cu stocarea (C_{sr}); cu așteptarea (C_A), cu uzura și siguranța în funcționare ($C_u + SF$), cu ordonanțarea fabricației (C_{ord}), cu forța de muncă ($C_{FM} = V_{ge} \cdot S_m$), cu amortizarea și cheltuielile generale (C_{AMIG}) în condiții deterministe și probabiliste de producere a unui set de produse care permit dezvoltarea fabricației sistemului industrial analizat. Durata de realizare a produselor în varianta deterministă (fig. 68, c) în varianta probabilistă (fig. 68, a, b) variază între (550—531,5) unități de timp așa cum rezultă din grafurile prezentate în figura 68 (a, b, c). Probabilitățile de realizare a evenimentelor folosite în calculul variantelor de optimizare a producție au distribuții discrete diferențiate în schema logică (fig. 69) prin simbolurile ($p_{r_0} \dots p_{r_s}$); ($A_1 — A_u$) etc. Pe baza schemei logice (fig. 69) se calculează funcția de sinteză (F_u^S) construită pe baza conceptului de utilitate a producției și se planifică operativ operațiile de prelucrare ale fiecărui produs după metoda MAS (metoda așezării succesive).

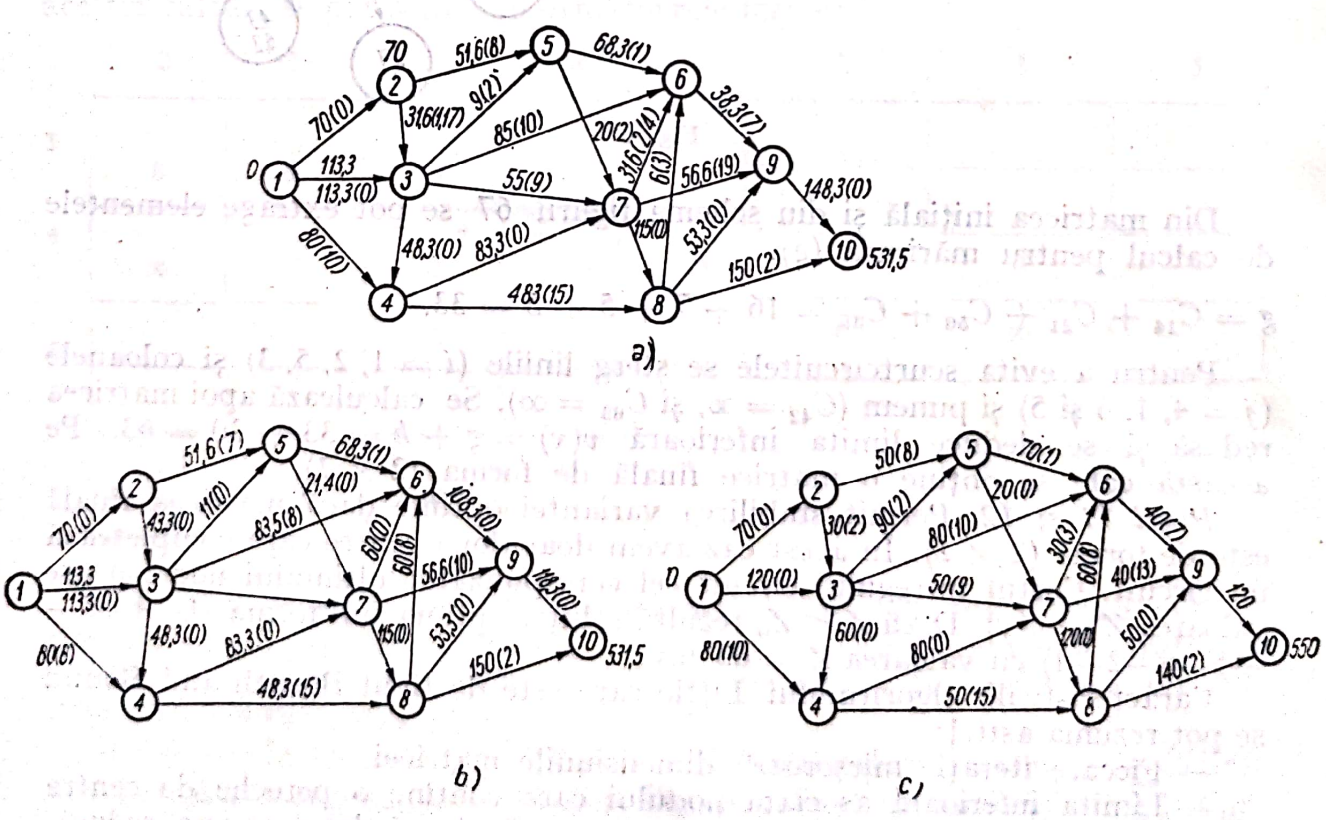


Fig. 68

Schema logică pentru studiul dezvoltării producției de serie (sisteme discrete)

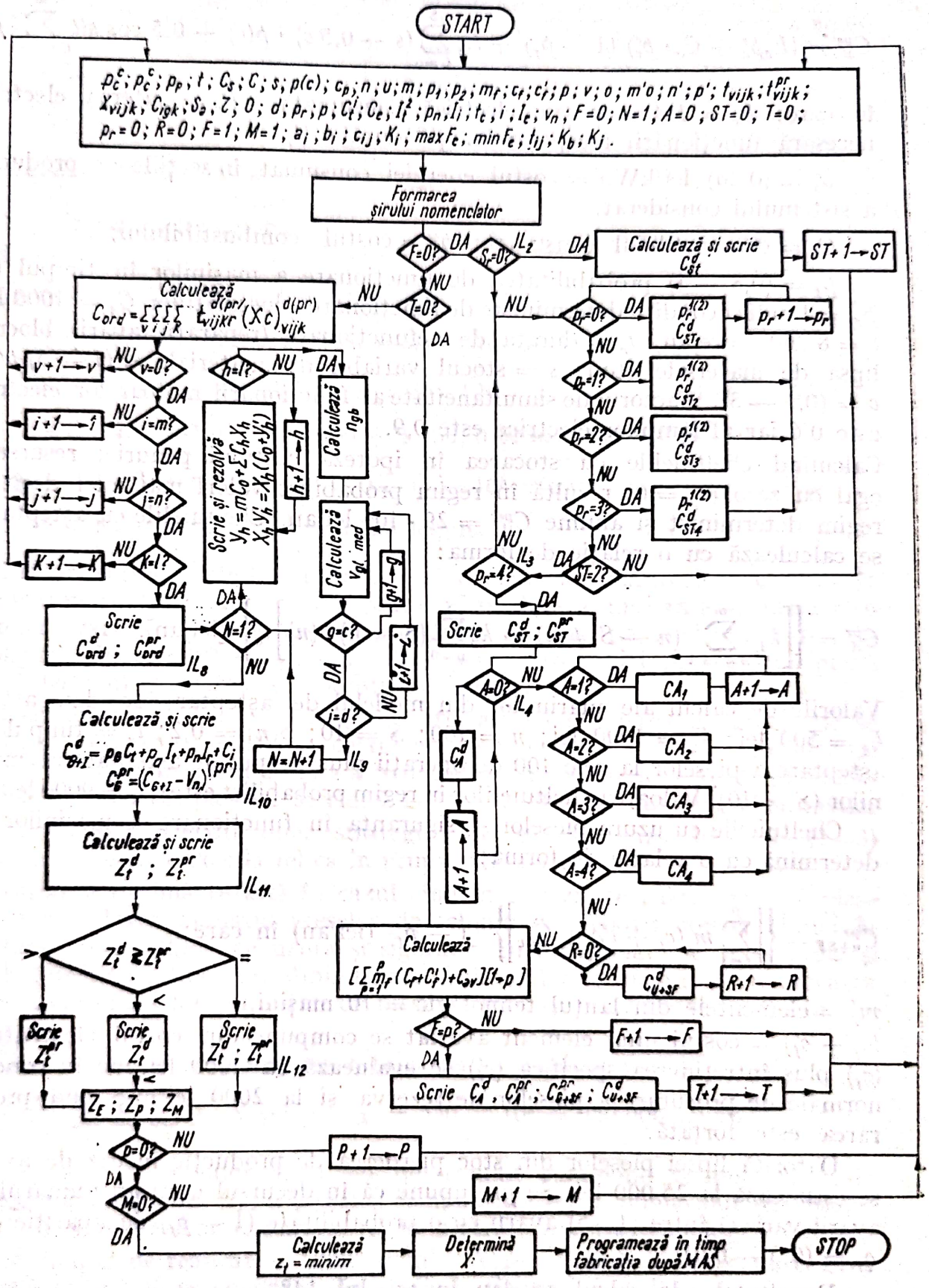


Fig. 69

Cheltuielile cu stocarea se pot scrie astfel:

$$C_{st}^{pc} = (E_c p_c^e + C_c \cdot p_c^c)(1 - p_f) + tc_s \sum_{C=0}^{S} (s - 0{,}5\,c) \cdot p(c) + 0{,}5 \cos s^2 t \sum_{C=S+1}^{\infty} p_c^{(c)}$$

în care: $E_c = P_c t$ = energie electrică consumată; P_c = puterea electrică necesară funcționării receptoarelor pe durata (t).

$p_c^e = (0{,}26)$ lei/kWh = costul energiei consumate în secțiile de producție a sistemului considerat.

C_c = combustibilul consumat; p_c^e = costul combustibilului;

$p_f = (0{,}8 - 1)$ probabilitatea de funcționare a mașinilor în timpul (t); $p_f = 1$ indică condiții deterministe de funcționare a instalațiilor $C_s = 1000$ lei; $t = 8\,760\ t_r$ ore/an, t_r = durata de nefuncționare (reparații, avarii, blocuri, lipsa de materiale etc.); s = stocul variabil de materiale $= (1 - 5)\,p(c)$; $c = (0{,}1 - 3)$. Factorul de simultaneitate al funcționării motoarelor electrice este 0,6 iar al lămpilor electrice este 0,9.

Calculînd cheltuielile cu stocarea în ipoteza costului penuriei resurselor egal cu zero $(c_p = 0)$ rezultă în regim probabilist valori mai mici decît în regim determinist și anume $C_{st}^{per} = 29 \cdot 10^3$ lei/an. Cheltuielile cu așteptarea se calculează cu o relație de forma:

$$C_A^{pr} = \left\{\left[k_1 \sum_{n=S+1}^{m} (n - S)\,p(n) + k_2 \sum_{n=0}^{S} (S - n)\,p(n)\right] t_a\right\} \text{ [lei/an]}.$$

Valorile de calcul ale mărimilor din modelul de așteptare se dau astfel: $k_1 = 500$ lei; $k_2 = 1000$ lei; $n = 100$; $S = 10$; $p(n) = 0{,}2$; t_a = timpul de așteptare a pieselor la cele 100 de operații plus timpul de așteptare al mașinilor $(S = 10)$. Valoarea cheltuielilor în regim probabilist este $C_A^{pr} = 9000$ lei/an.

Cheltuielile cu uzura pieselor și siguranța în funcționare a mașinilor se determină cu o relație de forma:

$$C_{u+SF}^{pr} = \left\{\left[\sum_{f=1}^{p} m_f (c_f + c_f') + C_{av}\right]\right\} [1 - p_f] \text{ (lei/an) în care:}$$

m_f = elementele din lanțul tehnologic = 10 mașini.

$(c_f + c_f')$ = costul unui element avariat se compune din costul elementului (c_f) plus întreținerea specifică (c_f') se evaluează la 1000 lei/buc în condiții normale de procurare a pieselor de rezervă și la 2000 lei/buc cînd procurarea este forțată.

Datorită lipsei pieselor din stoc pierderea de producție în caz de avarie se estimează la 25 000 lei. Se presupune că în decursul unui an numărul de avarii variază între (1—5) avarii cu o probabilitate $(1 - p_f)$ de apariție deci $q_f = (0{,}5 - 0{,}01)$.

Rezultatele de calcul se dau în tabelul 148.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 148

Strategia de stocare a pieselor	Numărul pieselor de schimb în stoc	Numărul de avarii (n_a) și probabilitățile lor					Cheltuielile C_{u+SF} lei/an
		n_a	0	1	3	5	
		q_f	0,6	0,2	0,05	0,01	
1	0	0		$27 \cdot 10^3$	$81 \cdot 10^3$	$135 \cdot 10^3$	10 800
2	1	1 000		1 000	$55 \cdot 10^3$	$109 \cdot 10^3$	4 640
3	3	3 000		3 000	3 000	$57 \cdot 10^3$	3 220

Calcularea cheltuielilor totale cu uzura și siguranța în funcționare decurge astfel:

$$C^{pr}_{u+SF_1} = 0,6 + (25\,000 + 2\,000)\,0,2 + (3 \times 25 \cdot 10^3 + 3 \times 2 \cdot 10^3 \cdot 0,05) + \\ + 5 \cdot 10^3(25 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3 \cdot 0,01) = 10\,800 \text{ lei/an.}$$

$$C^{pr}_{u+SF_2} = 10^3 \cdot 0,6 + 10^3 \cdot 0,2 + (2 \times 25 \cdot 10^3 + 2 \times 2\,000 \times 1\,000)\,0,05 + \\ + (4 \cdot 25 \cdot 10^3 + 4 \times 2\,000 + 1\,000)\,0,01 = 4\,640 \text{ lei/an.}$$

$$C^{pr}_{u+SF_3} = 3 \cdot 10^3 \cdot 0,6 + 3 \cdot 10^3 \times 0,2 + 3 \cdot 10^3 \times 0,05 + (2 \times 25 \cdot 10^3 + \\ + 2\,000 + 3\,000)\,0,01 = 3\,220 \text{ lei/an.}$$

Prima strategie (cînd se păstrează zero piese de schimb în stoc) duce la cele mai mari cheltuieli (10 800 lei/an) cînd pe durata unui an apar între zero și nouă avarii ale instalațiilor de producție. La apariția unei avarii rezultă o pagubă de $25 \cdot 10^3$ lei pentru întreruperea producției plus costul piesei (2 000 lei/buc) procurate în condiții de urgență.

Dacă numărul de avarii crește la trei atunci pierderea de producție se triplează ($3 \times 25 \cdot 10^3$ lei) iar costul pieselor necesare a fi înlocuite este de ($3 \times 2\,000$ lei). În cazul a cinci avarii pierderea producției este de ($5 \times 25 \cdot 10^3$ lei) iar costul pieselor se ridică la ($5 \times 2\,000$ lei). Calculul cheltuielilor (C^{tr}_{u+SF}) pentru celelalte două strategii cînd se păstrează în stoc (1—3) piese de schimb se face la fel ca în prima strategie.

Varianta optimă rezultă în cazul cînd în depozit se păstrează trei piese de schimb. Dacă numărul pieselor de schimb din depozit crește, atunci la stabilirea cheltuielilor cu uzura și siguranța în funcționare se ține seama și de cheltuielile cu stocarea. Minimizarea cheltuielilor cu uzura și cu stocarea duce la stabilirea lotului optim de piese de rezervă ce se poate păstra în depozit.

Cheltuielile cu ordonanțarea fabricației se stabilesc astfel:

$$C^{pr}_{ord} = \sum_v \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l X_{vijkl} t_{vijkl} C_{vijkl} = 550 \times 10^3 = 550\,000 \text{ lei/an}$$

Valoarea cheltuielilor (C^{pr}_{ord}) s-a determinat cunoscînd timpul (t_{vijkl}) de realizare a producției (l); a pieselor componente (k), a numărului de mașini ($j = 10$), a operațiilor executate (i) în diverse variante tehnologice (v).

t_{vijkl} = timpul de realizare a unui produs; X_{vijkl} = numărul de produse. Produsul lor $(t.x.)_{vijkl}$ se cunoaște din graficele figurii (68. *a*. *b*. *c*).

Scanned with OKEN Scanner

C_{vijkl} = costul prelucrării lei/u.t. = 10^3 lei/oră, pentru întregul program considerat.

Cheltuielile cu ingineria umană sub aspectul retribuției și pregătirii lucrătorilor se determină astfel:

$$C_{im}^{tr} = C_{FM}^{pr} = \sum_g \sum_i V_{gi}^{pr} \cdot r_m = (Y_h \cdot t_e)\, p_r r_m = \sum_g \sum_e n_{ge} \cdot X_{ge}\, p_r r_m \quad \text{(lei/an)}$$

în care: r_m = retribuția medie anuală = $20 \cdot 10^3$ lei; V_{ge} = volumul de muncă pentru profesia (e) și locul de muncă (g); Y_h = numărul total de lucrători; t_e = regimul de lucru al secției; n_{ge} = normele de producție. Numărul de lucrători necesari egal cu 20 muncitori cîte 10 pe schimb; un tehnician și un inginer. Cheltuielile anuale cu retribuția se cifrează la $440 \cdot 10^3$ lei.

Cheltuielile generale (G), cheltuielile cu amortizarea (a) și cu decizia (d) se calculează pe baza cotelor (p_G); $(p_e)(p_d)$ aplicate investițiilor $I_t = 20 \cdot 10^6$ lei.

Considerînd $p_G = 0{,}15$; $p_a = 0{,}07$; $p_d = 0{,}01$ se obțin următoarele cheltuieli $C_{G+a+d} = 0{,}23 \cdot I_t = 0{,}23 \cdot 20 \cdot 10^6 = 4{,}6 \cdot 10^6$ lei/an.

$$Z_t^{pr} = (5631 \cdot 10^3 + p_n \cdot I_t) = 5631{,}22 \cdot 10^3 + 0{,}2 \cdot 20 \cdot 10^6 = 9{,}631 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

Secția se realizează într-un an și ca urmare nu se consideră în calcul efectul de blocaj al investițiilor eșalonate.

Calculele arată că $Z_t^{pr} < Z_t^d$ ceea ce justifică recomandarea unor autori de-a se lucra (la stabilirea variantelor de realizare a obiectivelor) cu modele matematice probabiliste.

Funcția de sinteză pe care se construiește decizia se determină cu o relație de forma:

$$F_S = \sum_i \sum_j (K_{dij} Z_{ij} + C_{ij}) \quad \text{(lei/an)}$$

în care: K_{dij} = coeficientul de decizie pentru realizarea produselor (i) pe mașinile (j); Z_{ij} = cheltuielile anuale; C_{ij} = beneficiul.

Aplicarea funcției de sinteză (F_S) se face în condițiile restrictive impuse de folosirea integrală a capacității mașinilor și respectarea restricțiilor de succesiune logică a pieselor pe mașini precum și a condițiilor de neinterferență a operațiilor de prelucrare a pieselor.

Problema 110

Se consideră patru sisteme industriale cu structura continuă avînd următoarele capacități de producție:

$$P_{i_1}^B = 2 \times 330 \text{ MW}; \quad P_{i_2}^A = 3 \times 330 \text{ MW}; \quad P_{i_3}^T = 4 \times 330 \text{ MW};$$

$$P_{i_4}^R = 4 \times 330 \text{ MW}.$$

Datele pentru stabilirea structurii costului și pentru calcularea indicatorilor (valorici și naturali) privind eficiența conceperii și realizării unor sisteme de producție de mare capacitate cuprind următoarele elemente:

Scanned with OKEN Scanner

— Timpul de utilizare a puterii instalate 5500 h/an;
— Consumul specific de combustibil (328 ÷ 366) 8 c.c/kWh;
— Costul combustibilului (403 ÷ 430) lei/t.c.c.;
— Indicele specific de personal (0,5 ÷ 1,57) om/MWi;
— Retribuția medie (26 ÷ 30) · 10^3 lei/an;
— Cotele de amortizare și reparații 5,2% din investiții;
— Cheltuieli diverse (chimicale, materiale auxiliare 36% din amortizări, tehnica nouă 0,5% din cheltuielile totale);
— Cheltuieli cu cercetarea operațională 5% din investiții;
— Investiția specifică (2 700 ÷ 8 100) lei/kWi;
— Consumul propriu tehnologic (5 ÷ 14)% din energia produsă;
— Durata de realizare a sistemelor de producție (10—24) luni;
— Ponderea lucrărilor de construcție montaj (37—44)% din total.

Se urmărește stabilirea structurii investițiilor și a cheltuielilor de producție pentru sistemul (A) și precizarea indicatorilor pentru sistemele (B; A; R) în vederea comparării lor.

Ținînd seama de instrucțiunile *PE* — 0.11/1975 și luînd în considerație structura modelelor pentru investiții și cheltuieli de producție se determină investițiile și cheltuielile pentru sistemul de producție A sub forma:

a) Structura investițiilor.

— Investiții pentru deschiderea și organizarea șantierului	235 · 10^6 lei	→ 3%
— Investiții pentru construcții și instalații interioare	1748 · 10^6 lei	→ 22,5%
— Investiții pentru montajul instalațiilor	1325 · 10^6 lei	→ 16,8%
— Investiții pentru partea hidrotehnică	108 · 10^6 lei	→ 1,5%
— Investiții pentru utilajul tehnologic	3512 · 10^6 lei	→ 16,1%
— Investiții pentru asigurarea bazei materiale de aplicare a cercetării operaționale	361 · 10^6 lei	→ 4,6%
— Investiții diverse	434 · 10^6 lei	→ 5,5%
— Investiții totale	7823 · 10^6 lei	→ 100%

b) Structura cheltuielilor de producție

— Cheltuieli cu combustibilul	190 lei/MWh	→ 51,3%
— Cheltuieli de amortizare și reparații	82,5	→ 22,3%
— Cheltuieli cu personalul și alte activități	11 lei/MWh	→ 3%
— Cheltuieli diverse	68 lei /MWh	→ 18,4%
— Cheltuieli cu cercetarea operațională	18,5 lei/MWh	→ 5%
	370 lei/MWh	→ 100%.

Schema logică pentru determinarea cheltuielilor și a indicatorilor valorici la nivelul celor patru sisteme comparate se poate urmări pe figura 70.

Scanned with OKEN Scanner

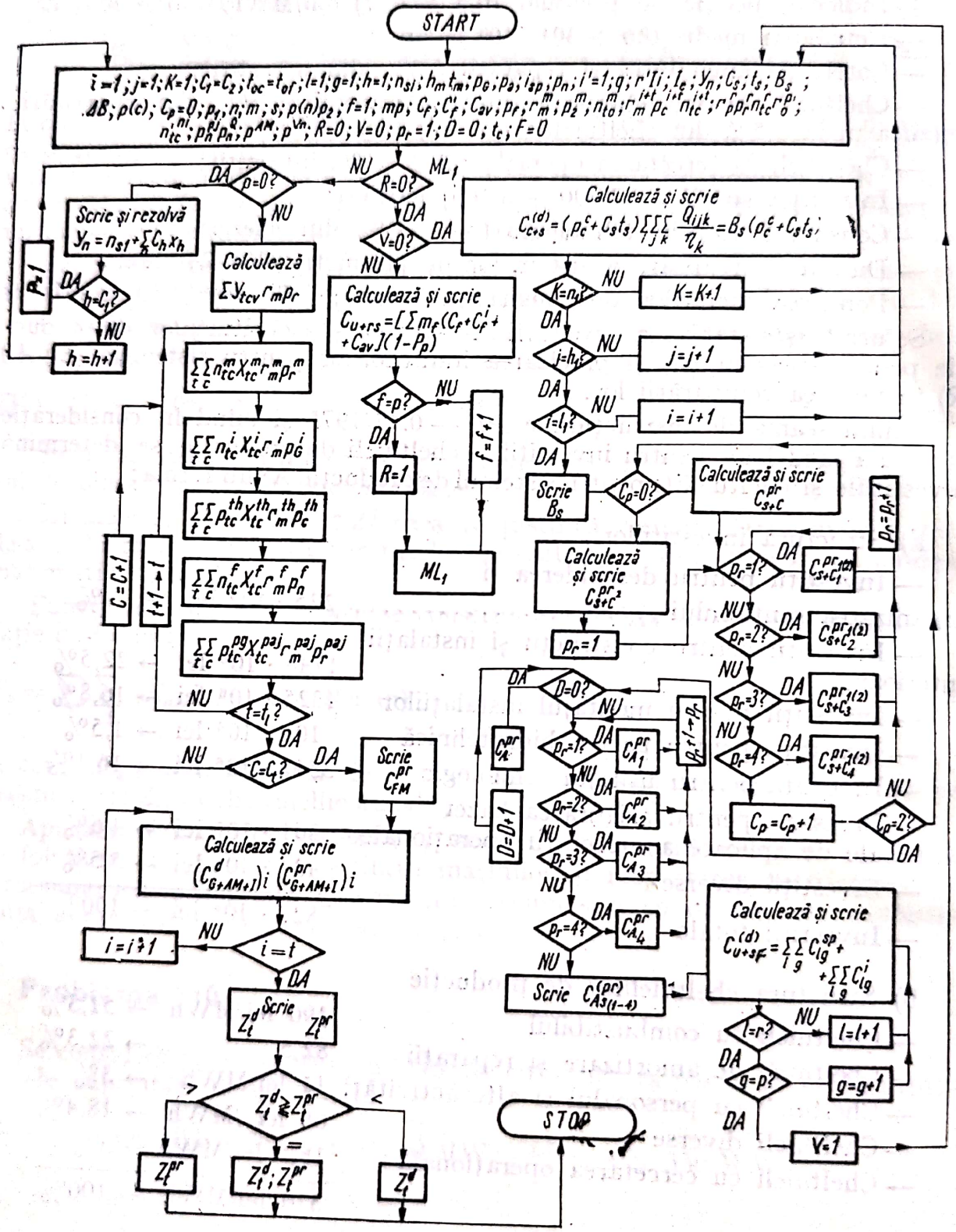

START
Calculează și scrie
Scrie și rezolvă
Calculează
Calculează și scrie
Scrie
Calculează și scrie
Calculează și scrie
Scrie
Calculează și scrie
Scrie
STOP

Fig. 70

Indicatorii valorici și naturali ai celor patru sisteme de producție rezultați din calcul se pot urmări în tabelul 149.

Tabelul 149

	Indicatorii valorici și naturali	U.M.	CTE-B 2×330	CTE-A 3×330	CTE-T 4×330	CTE-R 4×330
1	Puterea instalată	MW	660	990	1320	1320
2	Investiția totală	10^9 lei	1,798	7,823	5,516	5,030
3	Investiția specifică	lei MWi	2 730	7 900	4 200	3 811
4	Parametri ata aburului	°c/°c	196/540/540	— identice	identice	
5	Temperatura apei de răcire	15°C	15°C	15°C	15°C	15°C
6	Combustibil		93% lignit 7% păcură	81% șisturi 19% păcură	93% lignit 7% păcură	
7	P_{ci}	kcal/kg	1 600	980	1 600	1 600
8	Randamentul cazanelor	%	87,5	82	87,5	87,5
9	Ponderea montajului	%	37	44	37,3	40,7
10	Valoarea din import. 10^6 lei valută		0,175	0,153	0,175,6	0,176,5
11	Durata de utilizare a puterii instalate	h/an	5 500	5 500	5 500	5 500
12	Energia electrică produsă	GWh/an	3 450	4 815	6 662	6 687
13	Consum intern	%	5,18	13,33	8,24	7,9
14	Consum specific de combustibil	gcc/kWh	328	3,66	3,41	3,41
15	Numărul specific de personal	om/MWi	0,5	1,57	1	1,033
16	Număr de persoane		330	1 553	1 320	1 364
17	Prețul energiei electrice	lei/MWh	131	270	256	245

Scanned with OKEN Scanner

IV ANEXE

— **Anexa 1.** Indicatori pentru optimizarea sistemelor de energie

— **Anexa 2.** Nomograme pentru aplicarea teoriei așteptării în diverse calcule economico-inginerești

— **Anexa 3.** Nomograme pentru calculul compensării puterii reactive

Scanned with OKEN Scanner

ANEXA 1

Indicatorii pentru optimizarea sistemelor de energie

Tabelul (A-1-1)

Indicatori specifici de investiţii pentru LEA propriu-zisă 220—750 kV cu care se operează în calcule la studiile de perspectivă pentru secţiunea conductorului de 450 mm

— în mii lei/km —

Nr. crt.	Tens. liniei	Nr. circ.	Investiţia specifică pentru zona pînă la 800 m altitudine				
			Un circ. mont.	Mont. al doilea circ.	Linii cu dublu circ.	Trecere la tensiuni super.	Obs.
1	220	1	430	—	—	—	1 × 450
			730	—	—	—	2 × 450
		2	535	300	815	—	1 × 450
			900	500	1300	—	2 × 450
2	220/440	2/1	—	—	835	150	1/2 × 450
			—	—	1400	250	2/4 × 450
3	400 portal ancoraţi	1	795	—	—	—	2 × 450
			1300	—	—	—	4 × 450
		2	1200	600	1700	—	2 × 450
			1820	1100	2800	—	4 × 450
4	400/750	2/1	1300	600	1800	300	2/4 × 450
5	400 stîlpi N	1	840	—	—	—	2 × 450
			1480	—	—	—	4 × 450
6	750	1	1900	—	—	—	4 × 450

1. Pentru aflarea costurilor în instalaţiile de protecţie a liniilor de Tc şi alte costuri suplimentare se vor majora valorile din tabel cu:

— 10% pentru liniile de 220 kV

Scanned with OKEN Scanner

— 15% pentru liniile de 400—750 kV
la întreaga lungime a liniilor.

2. Pentru zone muntoase se adaugă apoi următoarele majorări la valorile din tabel:

— 50% pentru porţiunile de linii la altitudini între 800—1200 m.

— 100% pentru porţiunile de linii la altitudini peste 1200 m.

Tabelul (A-1-2)

Indicatori medii specifici de investiţii cu caracter orientativ la LEA simplu circuit, 400 kV: cu conductori de 450 mm² pe stîlpi portal ancoraţi

— în mii lei/km —

Indicatorul	Categ. I zonă de şes cca 70% din traseu	Categ. II zonă de podiş cca 50% din traseu	Categ. III zonă de munte cca 80% din traseu
Investiţia specifică în linia propriu-zisă	750	850	1000
Investiţia specifică în lucrări de Tc şi alte lucrări auxiliare	250	275	300
Investiţia specifică totală	1000	1125	1300

Tabelul (A-1-3)

Indicatori medii ai liniilor de 220 kV cu simplu şi dublu circuit

Indicatorul	u/m	Simplu circuit		Dublu circuit	
		Categ. I*	Categ. II**	Categ. I	Categ. II
1	2	3	4	5	6
Investiţia specifică totală	mii lei/km	535	560	1000	1090
Investiţia specifică în linia propriu-zisă	mii lei/km	425	450	790	850

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul (A-1-3) (continuare)

1	2	3	4	5	6
Consum specific total de metal	t/km	22,0	25,0	32,7	35,4
Consum specific de metal în stîlpi	t/km	19,4	22,5	28,8	32,0
Cota procentuală a consumului de metal în stîlpi față de consumul total	%	89	90	88—89	90
Volumul specific de beton în fundații	m^3/km	—	—	$70\ ^{+5}_{-15}$	70 ± 15
Cota procentuală a costului stîlpilor din costurile liniei propriu-zise	%	30 ± 1 medie	38 ± 1 34%	31 ± 2 medie	32 ± 2 31,5%
Cota procentuală a costului conductorilor din costurile liniei propriu-zise	%	33	33	$37,5 \pm 2,5$	$36,5 \pm 2,5$
Cota procentuală a costului fundațiilor din costurile liniei propriu-zise	%	—	—	11 ± 2	$13 \pm 2,5$
Cota colectivă a costurilor (stîlpi + fundații + conductori) din costurile liniei propriu-zise	%	$81,5 \pm 1,5$	83 ± 1	80 ± 1	81 ± 1
Cota costurilor izolației din costurile liniei propriu-zise	%	$7,5 \pm 2$	$7,5 \pm 2$	10 ± 2	10 ± 2
Cota costurilor cap. „alte cheltuieli" inclusiv prizele de pămînt din costurile liniei propriu-zise	%	$11 \pm 1,5$	$11 \pm 1,5$	10^{+2}_{-1}	10 ± 1

* Prin categoria I se înțeleg lucrări de LEA al căror traseu trece prin terenuri cu relief neaccidentat, avînd o rezistență normală a solului, în afara aglomerărilor urbane. Procentul de stîlpi speciali din totalul stîlpilor este de maximum 15%.

** Prin categoria II se înțeleg lucrări de LEA al căror traseu trece prin terenuri cu relief accidentat pe o lungime de circa 50% din total, la care procentul stîlpilor speciali, din total, este cuprins între 15—25%, în afara aglomerărilor urbane și a zonelor de munte cu altitudine peste 800 m. Lucrările de traversare a Dunării sau alte lucrări de anvergură acestora nu au fost luate în considerare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul (A-1-4)

Cotele de cheltuieli anuale ca procente din valoarea de investiții în stațiile de înaltă tensiune

Tensiunea stației	Cota de cheltuieli la materiale și piese de schimb	Cota de cheltuieli cu personalul	Cota totală *
Stații 20/10 kV	2,00	4,9	6,5
Stații 110 kV	1,09	3,48	4,57
Stații 220 kV	0,44	2,43	2,87
Stații 400 kV	0,30	2,08	2,38

* 1. Cotele se vor aplica la valoarea totală a obiectelor, inclusiv clădiri, transformatoare etc.

2. În cadrul cheltuielilor unei stații de ex. de 110/220 kV se vor defalca cheltuielile generale pe cele două tipuri de stații, avînd ca cheie costurile de investiții ale stațiilor propriu-zise (comutația primară + cadre). Prin cheltuieli generale în sensul prezentei anexe se înțeleg și construcțiile și transformatoarele.

3. În cota de cheltuieli cu personalul intră atît retribuția personalului de conducere, de tură, de întreținere, cît și al celui necesar reviziilor și reparațiilor capitale.

Cotele de cheltuieli anuale ca procente din fondurile de investiții în liniile de înaltă tensiune

Cazul global — linii nediferențiate pe tipuri de stîlpi și zone meteorologice

Tabelul (A-1-5)

— în procente —

Tensiunea liniei	Cota de cheltuieli la materiale și piese de schimb%	Cota de cheltuieli cu personalul %	Cota * totală %
— LEA 110 kV	1,0	3,4	4,4
— LEA 220 kV	0,3	2,7	3,0
— LEA 400 kV	0,15	2,15	2,3

* Cotele din tabel se consideră pentru stîlpi sudați vopsiți. Pentru tipurile de stîlpi bulonați zincați cotele se vor micșora cu 10% la materiale și cu 20% la cheltuielile cu personalul.

Scanned with OKEN Scanner

Valorile de investiții ale celulelor de stații de înaltă și medie tensiune, care se vor lua în calculele tehnico-economice comparative la fazele de studii de dezvoltare și studii preliminare (SPA)

Tabelul (A-1-6)

— fără 400 kV —

Denumirea celulei	Valori în mii lei			
	Total	M	C+M	E
Celulă de autotrafo bloc cu linie de 220 kV	4150	900	1400	1850
Celulă de linie, cuplă transversală, cuplă combinată 220 kV	3200	750	600	1850
Celulă de 110 kV autotrafo, linie, cuple transversale, de transfer, combinate	1100	250	220	630
Celula de 20 kV, trafo, linie, cuple, măsuri (costuri medii)	85	8	14	63
Instalație fixă de stins incendiu pentru autotrafo 200 MVA	400	100	180	120

Pentru faza DTE aceste valori pot fi considerate ca indicatori medii de control al valorilor reieșite prin întocmirea analizelor de deviz.

Valorile de mai sus nu au însă caracterul de indicatori normați.

Tabelul (A-1-7)

Indici specifici orientativi de investiții pentru stațiile de 400 kV

Poz.	Indici tehnico-economici	mil lei	%	Observ.
1	2	3	4	5
1	Investiția specifică pentru o celulă de 400 kV, considerînd numai celula propriu-zisă, din care:			indicator mediu
	— echipament	4,3	—	
	— montaj	2,7	—	
	— constr. + instal.	0,9	—	
		0,7	—	

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul (A-1-7) (continuare)

1	2	3	4	5
2	Investiția specifică medie totală * pe celulă 400 kV	6,5	—	Costurile * totale sînt considerate *fără valoare autotrafo și a st. 22 kV*
3	Cost autotrafo 400 MVA 400/220 kV inclusiv montaj, fără cotele de C + I	16,0	—	
4	Cota procentuală a stației propriu-zise de 400 kV din totalul costurilor stației	—	cca 67	Costurile totale sînt considerate fără val. autotrafo și ale st. de 220 kV
5	Cota procentuală a părții de construcții în clădiri și alte amenajări comune din aceleași costuri ca la pct. 4	—	18	vezi obs. de la pct. 4
6	Cota procentuală a capitolului „alte cheltuieli" din aceleași costuri, ca la pct. 4	—	15	v. obs. de la pct. 4

Tabelul (A-1-8)

Costurile de echivalare ale energiei electrice care se vor lua în considerare la rețelele de înaltă, medie și joasă tensiune

— fără componentele de amortizări și de taxe asupra fondurilor de producție —

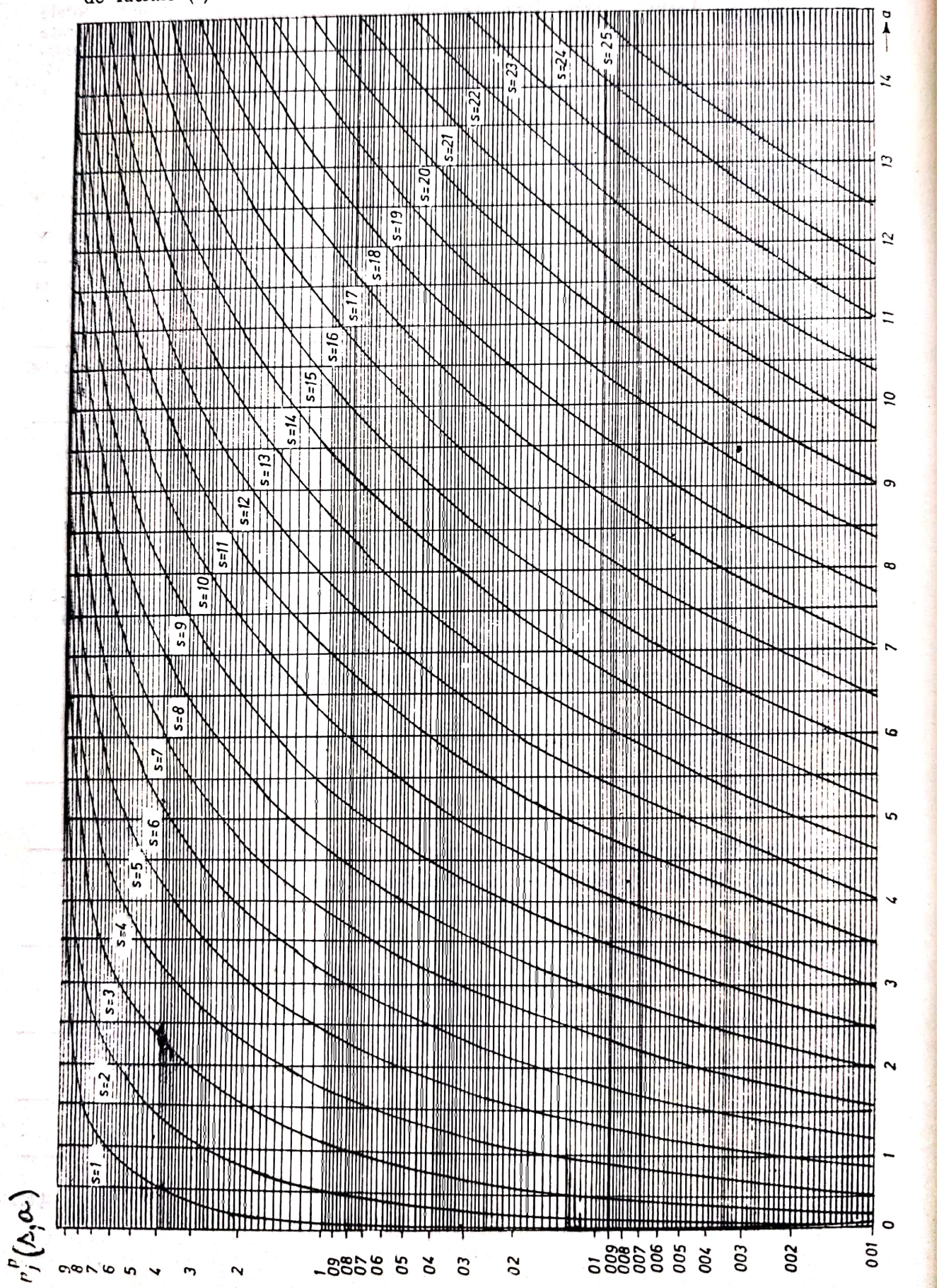
	Rețeaua	Considerații	Costul energiei electrice de echivalare — lei/kWh —
1	220—750 kV	Costul energiei electrice de echivalare la barele centralei de echivalare de bază	0,35
2	110 kV	Se aplică coef. de 1,30 la costul energiei electrice de echivalare de bază (la barele centralei)	0,46
3	6—20 kV inclusiv	Idem, coef. de 1,91	0,67
4	sub 1 kV	Idem, coef. de 2,50	0,88

Scanned with OKEN Scanner

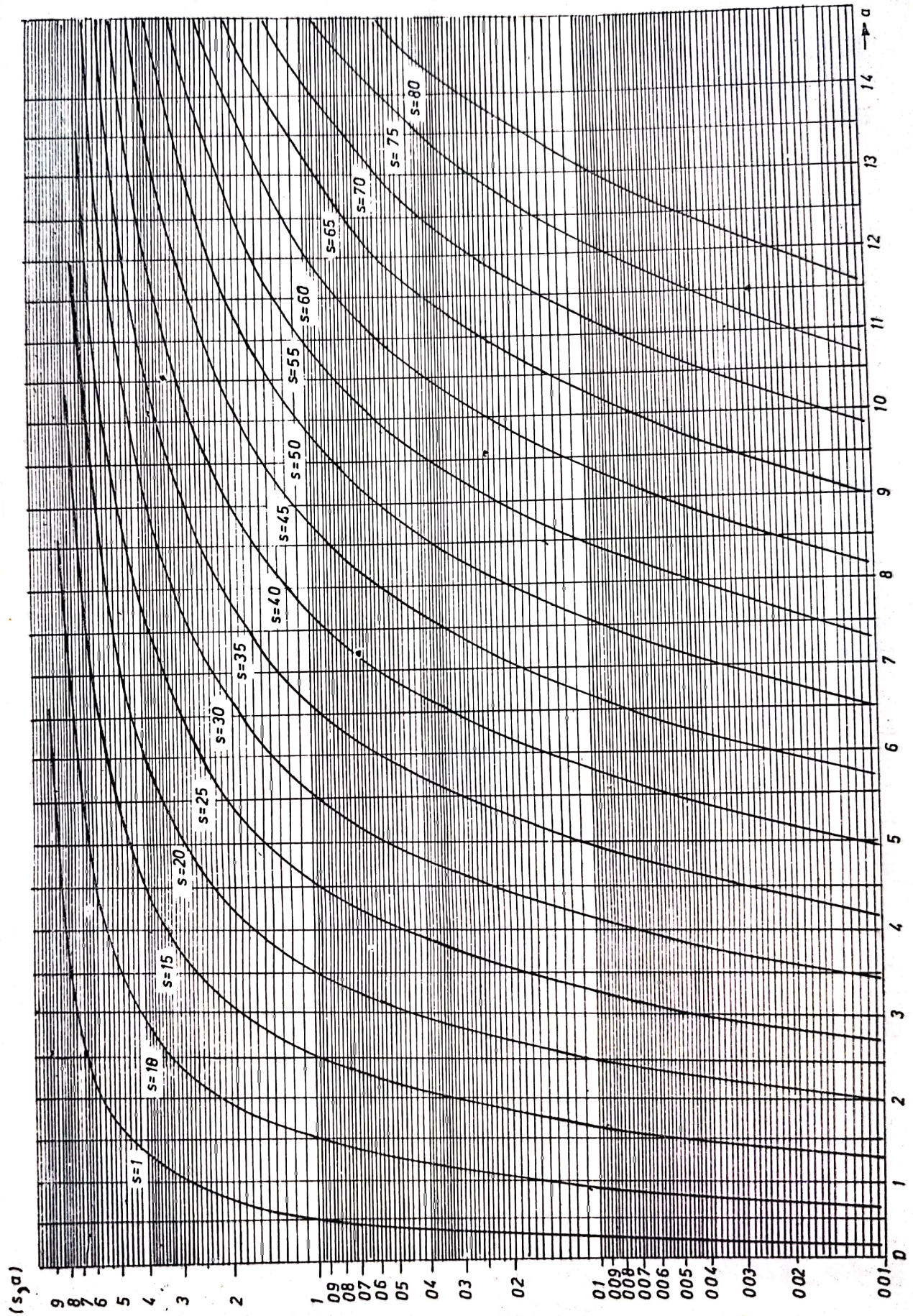
ANEXA 2

Nomograme pentru aplicarea teoriei așteptării în diverse calcule economico-inginerești

NOMOGRAMA pentru determinarea numărului de stații (s) funcție de volumul de lucrări (a). Formula I Erlang pentru sisteme cu restricții (pierderi) $s = (1 \div 25)$.

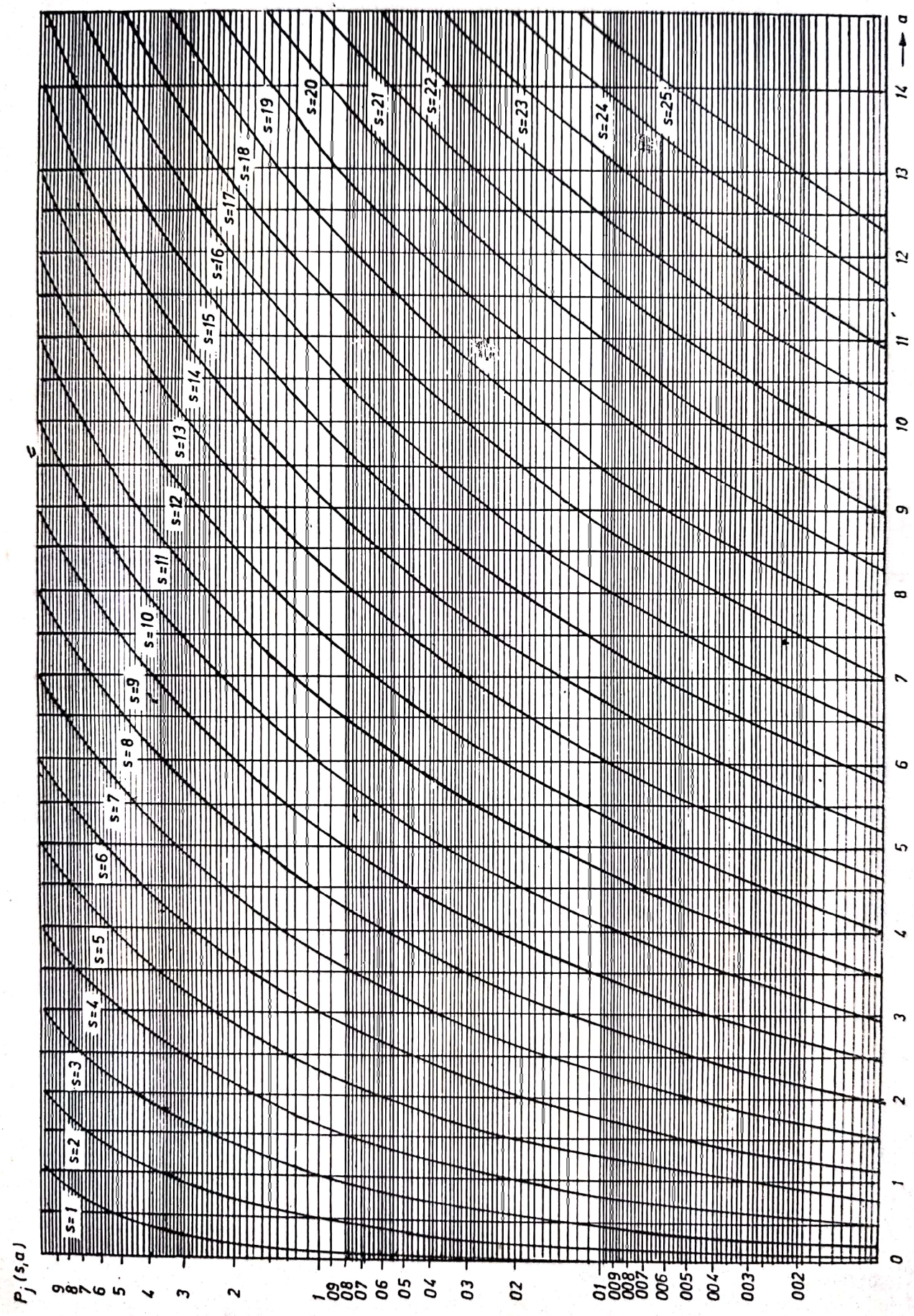


NOMOGRAMA pentru determinarea numărului de stații (s), funcție de volumul de lucrări (a) Formula I Erlang pentru sisteme cu restricții (pierderi) ($s = 1 \div 80$).

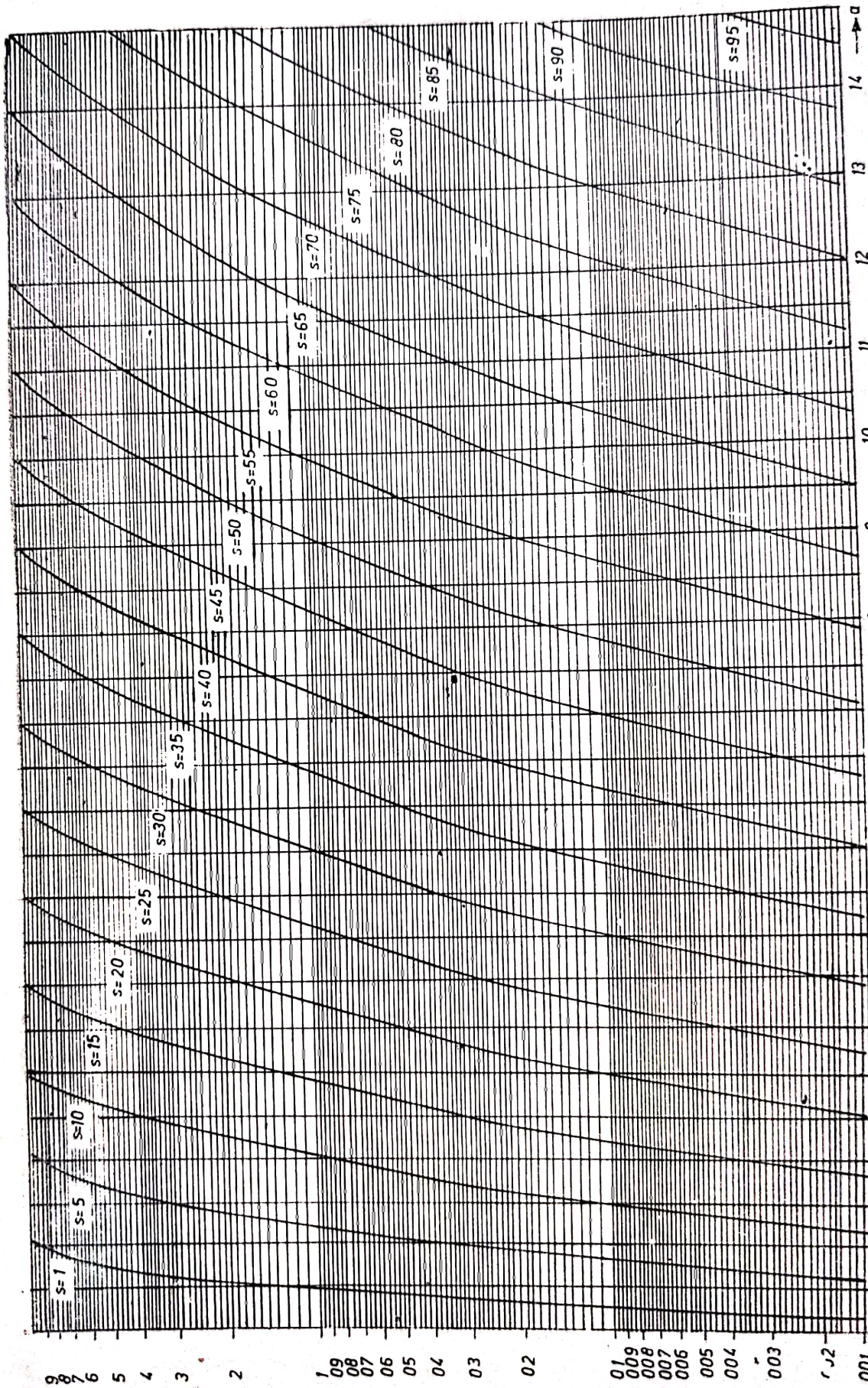


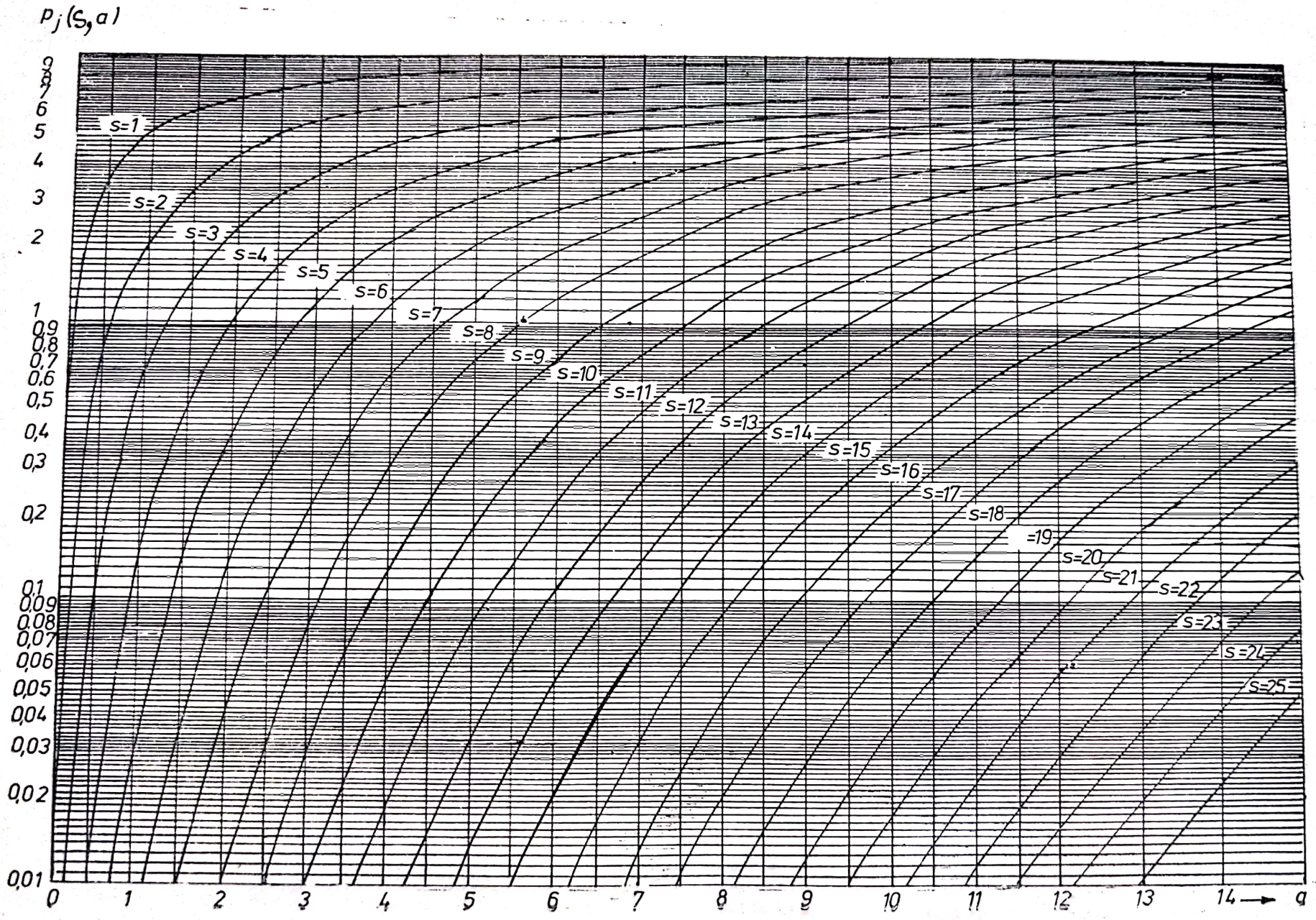
Scanned with OKEN Scanner

NOMOGRAMA pentru determinarea numărului de staţii (s), funcţie de vólumul de lucrări (a). Formula II Erlong pentru sisteme cu restricţii (pierderi): $s = (1 \div 25)$.



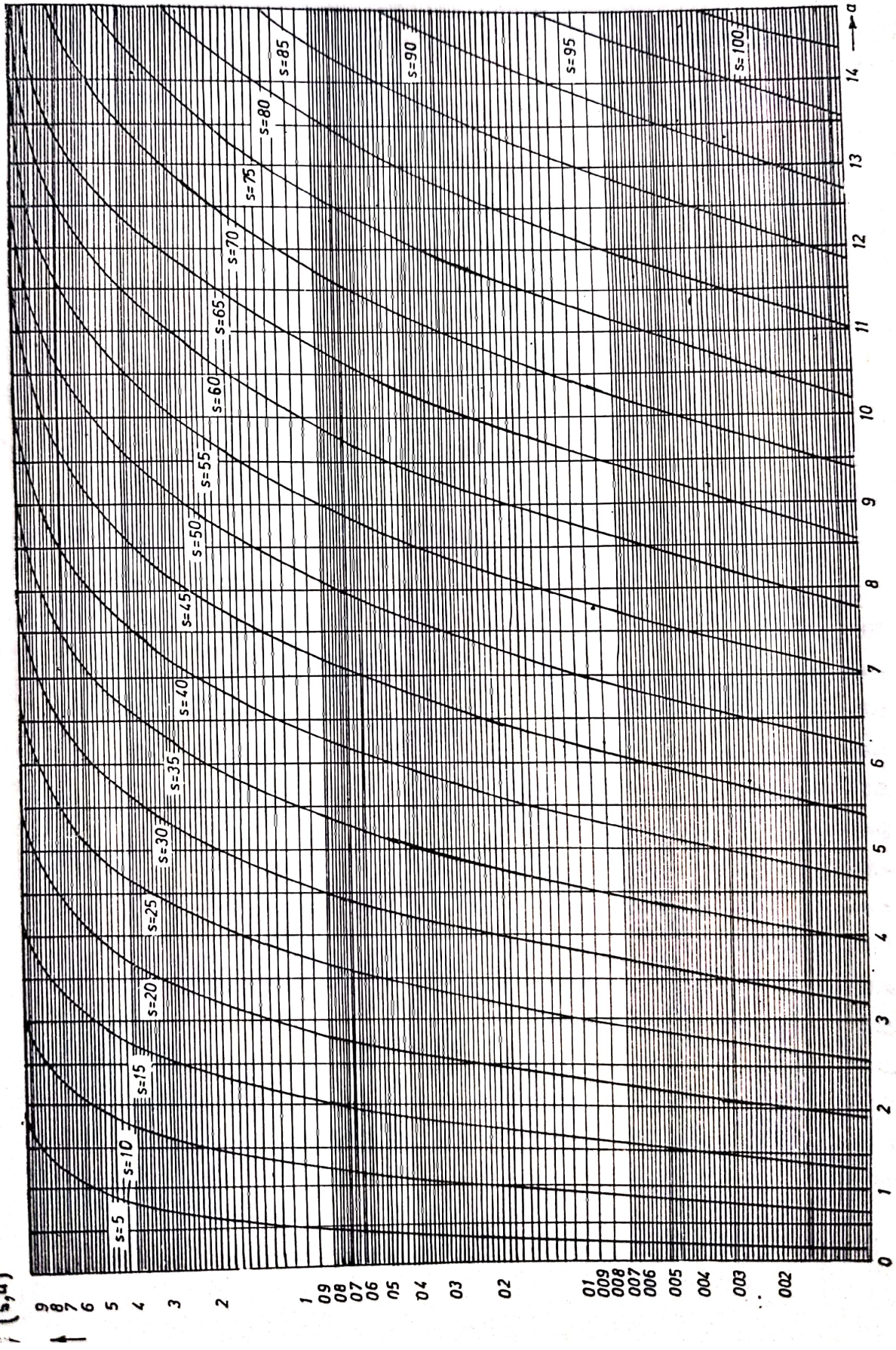
NOMOGRAMĂ pentru determinarea numărului de stații (s), funcție de volumul de lucrări (a). Formula II Erlang pentru sisteme cu restricții (pierderi): $A = (1 \div 100)$.





NOMOGRAMĂ pentru determinarea numărului de stații (s), funcție de volumul de lucrări (a), în cazul sosirilor și servirilor tip Poisson $s = (1 \div 25)$.

NOMOGRAMA pentru determinarea numărului de staţii (s), funcţie de volumul de lucrări (a), în cazul intrărilor şi servirilor de tip Poisson: $s=(1 \div 100)$.



ANEXA 3

Nomograme pentru calculul compensării puterii reactive

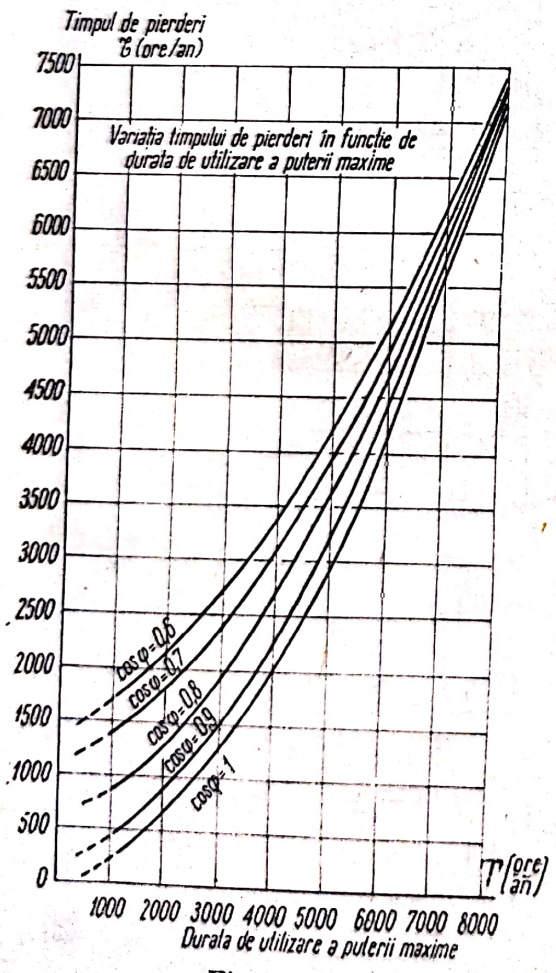
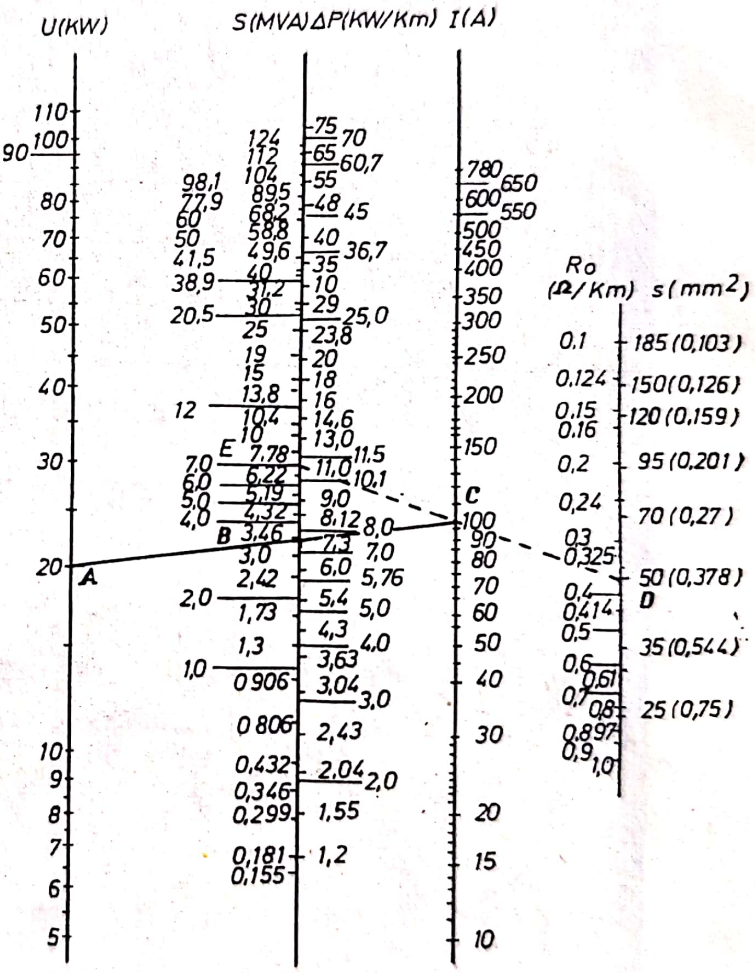


Fig. (A-3-1)



EXEMPLU : (pt. LEA)

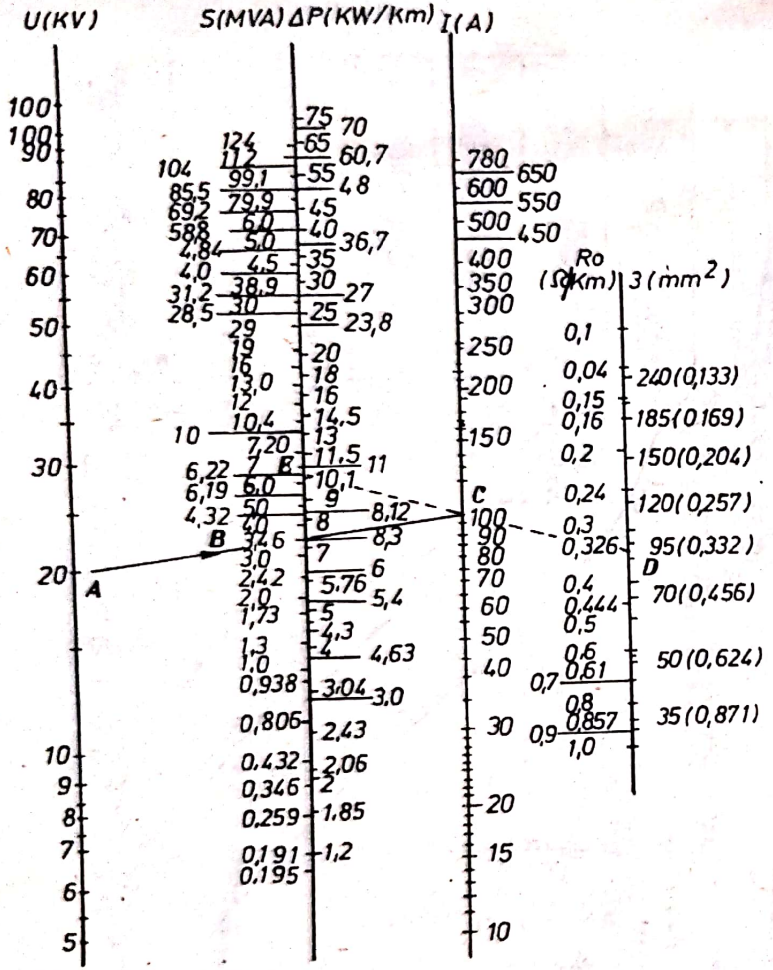
1. Date: conductori Cu - 3 x 50 mm²
   S = 3,46 MVA
   U = 20 KV
   L = 10 Km
2. Rezultate :

$$\Delta Pt = L\,(Km)\,\Delta P\,(KW/Km) = 10 \cdot 11,3 = 113\ KW$$

$$\Delta Qt = \Delta Pt \cdot \frac{X_0}{Y_0} = 113\ \frac{0,4}{0,378} = 119,6\ KVAR$$

3. Pentru n circuite în paralel valoarea ΔP din grafic se împarte la n .
4. În cazul cablului valoarea lui X_0 se ia din tabele funcție de secțiune și tipul cablului .

Fig. (A-3-2)



EXEMPLU : (pt. LEA)

1. Date : conductori AL -35x 95 mm^2
   S = 3,46 MVA
   U = 20 KV
   L = 10 Km

2. Rezultate :

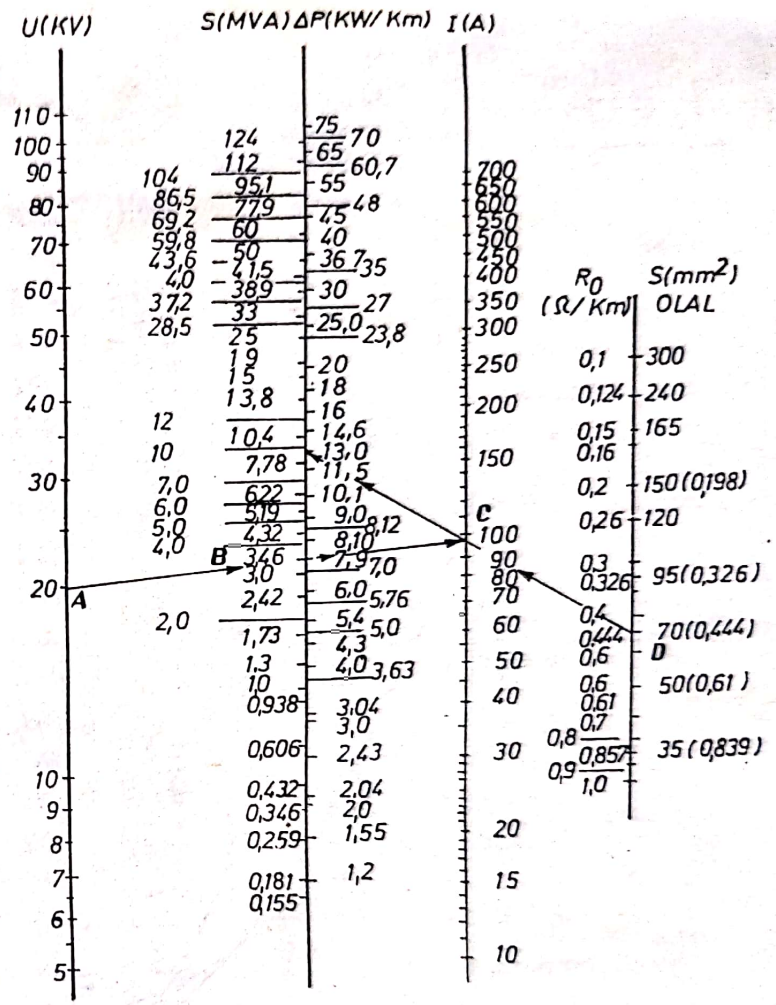
$$\Delta Pt = L(Km) \cdot \Delta P(KW/Km) = 10 \cdot 9,99 = 99,9\ KW$$

$$\Delta Qt = \Delta Pt \cdot \frac{X_0}{\gamma_0} = 99,9 \cdot \frac{0,4}{0,332} = 120\ KVAR$$

3. Pentru n circuite în paralel valoarea ΔP din grafic se împarte la n

4. În cazul cablului valoarea lui X_0 se ia din tabele funcție de secțiune și tipul cablului

Fig. (A-3-3)



EXEMPLU :

1. Date : conducatori OLAL -3 = 70 mm^2
   S = 3,46 MVA
   U = 20 KV
   L = 10 Km

2. Rezultate :

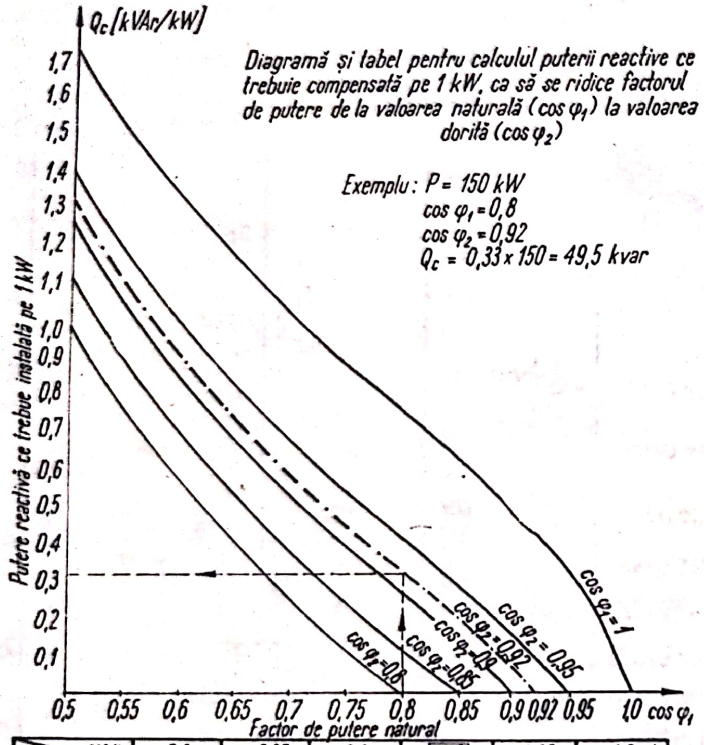
$$\Delta P_t = L(Km)\,\Delta P(KW/Km) = 10 \cdot 13 = 133\ KW$$

$$\Delta Q_t = \Delta P_t \cdot \frac{X_0}{\gamma_0} = 133\ \frac{0,4}{0,444} = 119,5\ KVAR$$

3. Pentru n circuite în paralel valoarea ΔP din grafic se împarte la n

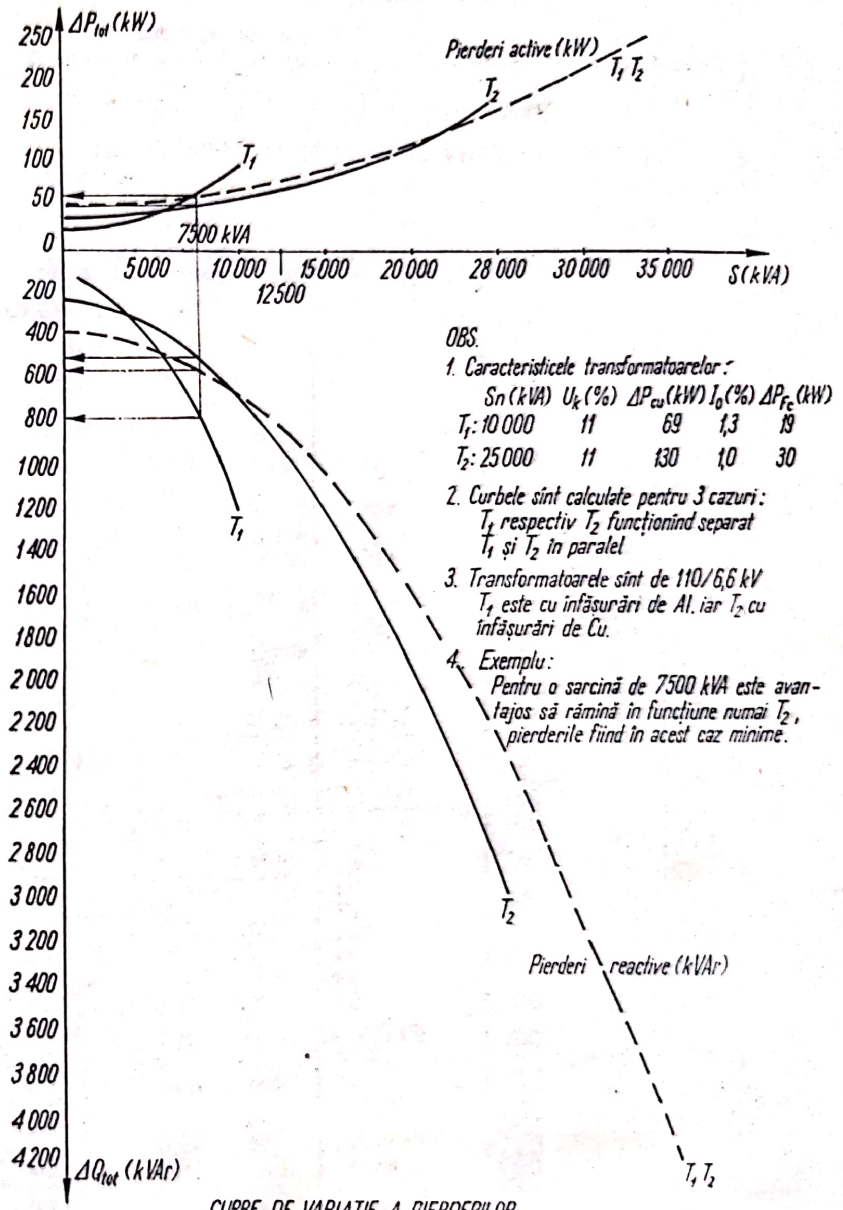
Fig (A-3-4)

Scanned with OKEN Scanner



cos φ_1 \ cos φ_2	0,8	0,85	0,9	0,92	0,95	1,0
0,5	0,983	1,116	1,248	1,308	1,408	1,732
0,55	0,761	0,894	1,026	1,086	1,186	1,51
0,6	0,578	0,711	0,843	0,903	1,003	1,327
0,65	0,414	0,547	0,679	0,739	0,839	1,163
0,7	0,268	0,401	0,533	0,593	0,693	1,017
0,75	0,13	0,263	0,395	0,455	0,555	0,879
0,8	–	0,133	0,265	0,325	0,425	0,749
0,85	–	–	0,132	0,192	0,292	0,484
0,9	–	–	–	0,06	0,16	0,484
0,92	–	–	–	–	0,1	0,424
0,95	–	–	–	–	–	0,324

Fig. (A-3-5)



CURBE DE VARIAȚIE A PIERDERILOR ÎN TRANSFORMATOARE ÎN FUNCȚIE DE SARCINĂ

Fig. (A-3-6)

Scanned with OKEN Scanner

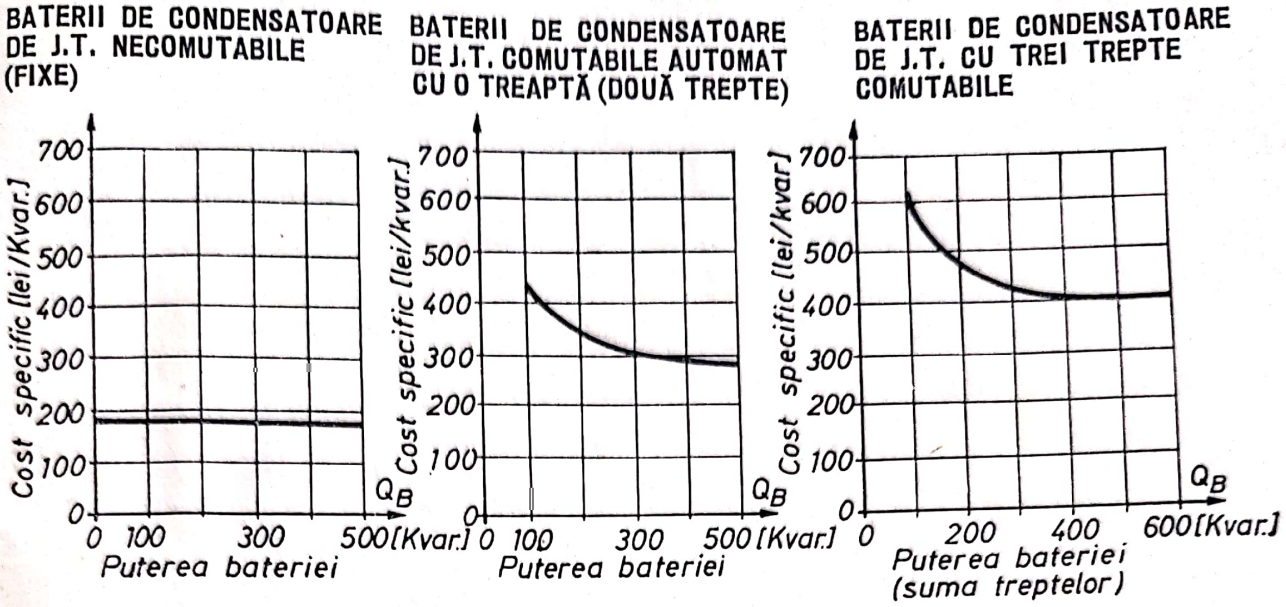


Fig. (A-3-7)

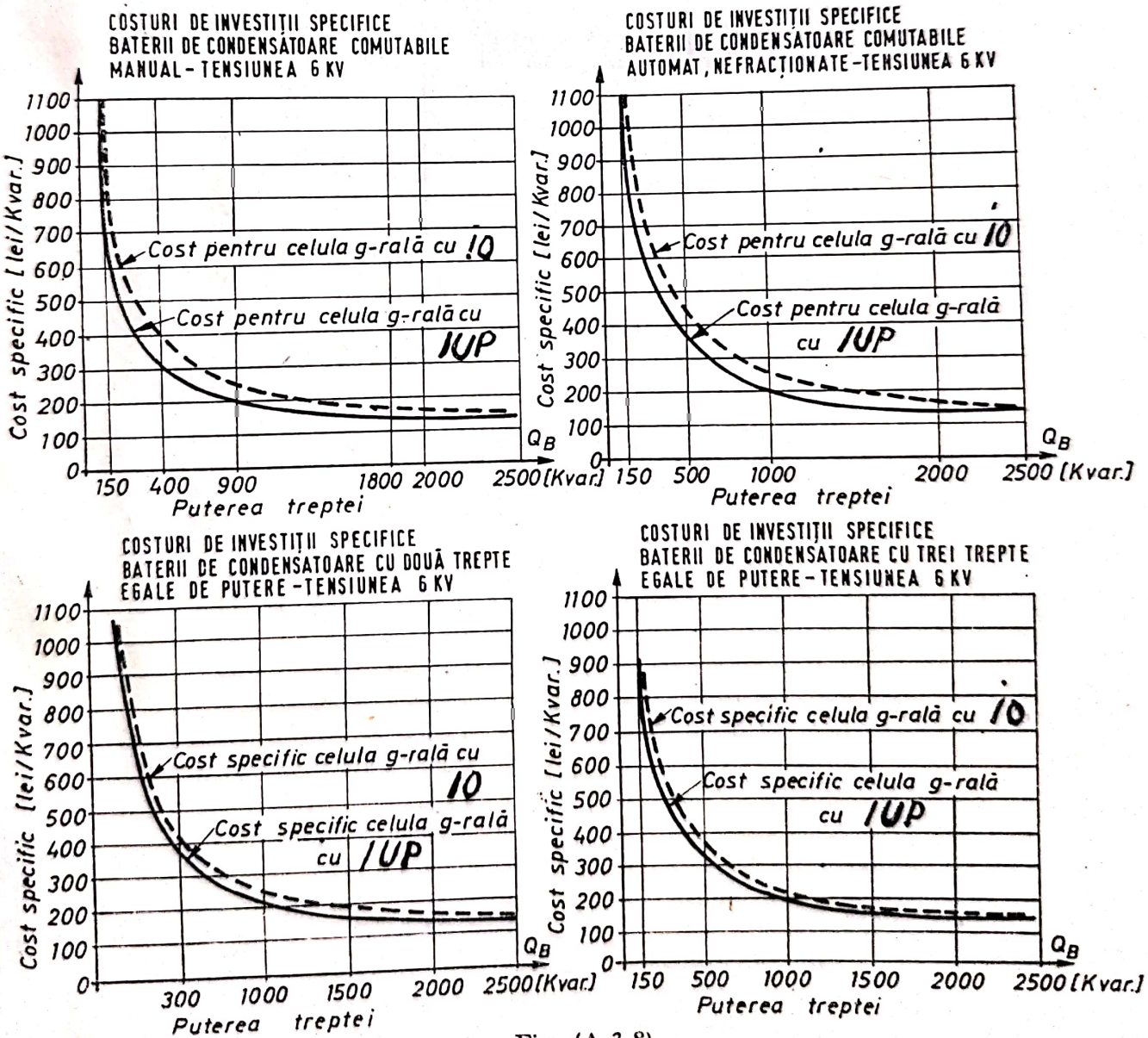


Fig. (A-3-8)

V BIBLIOGRAFIE

Scanned with OKEN Scanner

46. DREYFUS STUART, *Dynamic Programming and the calculus of variations*, New York, London, Academic Press, 1965, 248 p.
47. A. KAUFFMANN și R. CRUON, *La programmation dynamique. Gestion scientifique sequentielle*, Paris, Dunod, 1965, 273 p.
48. T. M. WHITIN, *Dynamic Programming Extension to the Theory of the Firm*, În „Ind. Econ.", Anglia, 14, nr. 2, aprilie 1968, p. 81—98.
49. VAN DER VEEN, *Introduction to the theory of operational research*, Londra, Macmillan, 1967, 203 p.
50. LEVIN RICHARD și C. A. KIRKPATRICK, *Quantitative approaches to management*, New York, Mc Graw-Hill Book Comp., 1965.
51. VETNOTT F. ARTHUR, *The Status of Mathematical Inventary Theory*, În „Management Sci". SUA, 12, nr. 11, iulie 1966, p. 745—777.
52. ROUNENS MARK, *Méthodes de chemin critique*, In „Organis. Sci". Belgia, 42, nr. 2, 1968, p. 34—40.
53. LAZĂR SIMION, *Optimizarea desfășurării proceselor complexe prin analiza drumului critic*, În „Rev. Statist." RPR, 15, nr. 9 septembrie 1966, p. 69—80.
54. P. SICARD, *Pratique du PERT*, Paris, Dunod, 1967, 114 p.
55. A. BATTERSBY, *Méthodes modernes d'ordonnancement*, Paris, Dunod, 1967, 256 p.
56. J. LHOIR și P. BULENS, *Applications de la méthode PERT à de project de centrales nucléaires*, In „Organis. Sci.„ Belgia, 42, nr. 2, 1968, p. 52—58.
57. E. O. DICKHUT, *Folosirea metodei Branch and Bànd la reprezentarea unei probleme de planificare optimă a producției din punct de vedere al cheltuielilor*, În „Organiz. științifică a producției" — Caiet selectiv, ICDT, nr. 1, ianuarie 1968.
58. B. ROY, *Mathématique et decision*, În „Gestion", Franța, 10, nr. spec. noiembrie 1967, p. 686—696.
59. C. THUAIRE, *La recherce opérationelle prépare vous decision*, In „Usine Nouvelle", Franța, nr. supl. noiembrie 1967, p. 169—176.
60. GHELLINEK GUY și EPPEN GARY, *Liniar programming solutions for separable Markovian decision problems*, In „Management Sci." SUA, 13, nr. 5, ianuarie 1967, p. 371—395.
61. R. DESEAMP, *Dynamique des investissement*, In „Gestion", Franța, 9, octombrie 1966, p. 654—662.
62. V. V. SURIN și A. E. BAHTIN, *Folosirea metodelor matematice și a calculatoarelor electronice pentru calculul și analiza structurii optime a programului anual de producție*, În „Coord. și planif. activ. întrepr." ICDT, Caiet selectiv, nr. 7, iulie 1967, p. 287—295.
63. G. BEZANE, *Sistemul informațional între serviciile tehnice ale unei întreprinderi mari*, În Caietul selectiv ICDT-Raționalizarea sistemului informațional, nr. 3, 1968.
64. MARCUS ALEXIS și WILSON CHARLES, *Organizational Decision Making*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1967.
65. KOSKETSKY OLEH, *Decision making information systems and the rol of systems analyst*, În „Management Sci." SUA, 13, nr. 2, octombrie 1966, p. 617—620.
66. I. E. NELIDOV și L. C. NICONOVA, *Kibernetica i economiceskaia rabote vîpromîșlenosti*, Moscova, Economika, 1967, 227 p.
67. BEER STAFFORD, *Decisions and control the Meaning of operational Research and Management Cybernetics*, Londra, J. Willy and Sons, 1966, 566 p.
68. V. BUELL, *Handbook of Modern Marketing*, Mc Graw-Hall, 1970.
69. T. GREEN, *Productions and Inventory control*, Handbook McGraw-Hall, 1970.
70. D. HAMSHER, *Communications system Engineering*, Handbook Mc Graw-Hall, 1966.
71. R. CHURCHILL, *Operational Mathematics*, McGraw-Hall, 1970.

Scanned with OKEN Scanner

72. M. DEGOOT, *Optimal Statistical Decisions*, McGraw-Hall, 1969.
73. M. FORRAY, *Varietional Calculus în scene and Engineering*, McGraw-Hall, 1968.
74. F. RAVEN, *Mathematics of Engineering systems*, McGraw-Hall, 1966.
75. N. ROBERTS, *Mathematical Methods in Releability Engineering*, McGraw-Hall Book Company, New York, 1964.
76. T. SAATY, *Optimization in Integers and Related*, External Problems, McGraw-Hall, 1970.
77. D. WISMER, *Optimization Methods for Large-Scale systems with applications*, McGraw-Hall, 1971.
78. E. DICHTER, *Mathemating Human Behavior*, McGraw-Hall, 1971.
79. B. GILMER, *Industrial and Organizational Psychology*, McGraw-Hall, 1971.
80. M. HAIRE, *Psychology in Management*, McGraw-Hall, 1964.
81. E. McCernich, *Human Factors Engineering*, McGraw-Hall, 1970.
82. T. SLAGE, *Artificial Intelligence, The Heuristic Programmuny Approach*, McGraw-Hall Book Company, New York, 1970.
83. * * * *Enciclopedia of science and Technology*, McGraw-Hall, 1971.
84. RUTHERFORD ARIS, *Discrett Dynamic Programming*, McGraw-Hall, 1964.
85. A. P. SAGE and I. L. MELSE, *Estimation Theory With Applications to control*, McGraw-Hall Book Company, New York, 1971.
86. M. SASIENI, A. YASPAN and L. FRIEDMAN, *Operations Research, Methods and Problems*, John Wiley, 1964.
87. R. D. Kersten *Engineering Differential systems*, McGraw-Hall Book Company New York, 1969.
88. M. BECKER, *The Principles and Applications of Variational Hithart*, The M. I. I. Preesm Cambridge Massachusetts, 1970.
89. M. M. DENN, *Optimization by Variational Methods*, McGraw-Hall, 1969.
90. E. E. PARZEN, *Stochastic Processes*, Holden Dy New York, 1962.
91. F. RIORDAN, *Stochastic Service Systems*, John Wiley, New York, 1969.
92. P. ROSENSTIEHAL and T. MOTHES, *Mathematics in Management*, John Wiley, New York, 1970.
93. D. V. WIDDER, *The Laplace Transform*, Princeton University Press, 1946.
94. IGOR BAZAVSKY, *Reability Theory and Practice*, Prentice Hall, New York, 1970.
95. T. RIORDAN, *Stochastic Service Systems*, J. Wiley, New York, 1970.
96. YU. A. SHREIDER, *The Monte Carlo Method*, Perma Press, New York, 1970.
97. I. N. HAMMERSLEY and D. S. HANDSCOMB, *Monte Carlo Methods*, New York, 1969.
98. A. CARABULEA, *The Prediction Function of Management*, New York, University Press, 1972.
99. A. CARABULEA, E. KUNOW, *Particularitățile ingineriei sistemelor dinamice de tip Markov în aplicații energetice*, Comunicare I.P.B., 1972.
100. A. CARABULEA, AL. POPA, *Contributions to the study of the operational Duty optimizing of the Electric Traction*, Buletinul I.P.B., nr. 2/1973.
101. A. CARABULEA, AL. POPA și GH. ANTON, *Models Matematicos Relativos a la Prognosis de la Traction Electric*, Buletinul I. P. B., 1974.
102. I. D. STĂNCESCU, *Bazele tehnice și economice ale termoficării*, Editura tehnică, București, 1967.
103. ST. BÎRLEA, *Modelarea cibernetică în construcția de mașini*, Teză de doctorat, I.P.B., 1972.
104. IONIȚĂ OLTEANU, RUDOLF DOOTZ, *Dimensionarea optimă a întreprinderilor industriale* Editura politică, București, 1974.
105. T. AURIAN GH. BOLDUR și S. LAZĂR, *Cercetarea operațională în construcții*, Editura științifică, București, 1967.
106. M. POPOVICI și V. ANTONESCU, *Ghid pentru controlul statistic al calității produselor industriale*, Editura tehnică, București, 1973.

Scanned with OKEN Scanner

107. I. NĂDEJDE ș.a., *Probleme de cercetare operațională*, Editura Acad. R.S.R., București, 1971.
108. T. HOMOȘ, *Conducerea și organizarea întreprinderilor constructoare de mașini*, (îndrumar de laborator), I.P.B., 1974.
109. V. RAUSSER ș.a., *Prețul de cost în industrie*, Editura Acad. R.S.R., București, 1971.
110. TH. MICLESCU, *Optimizarea sistemului electroenergetic în funcționarea de durata*, Teză de doctorat, I.P.B., 1972.
111. N. TEODORESCU ș.a., *Metode ale cercetării operaționale în gestiunea întreprinderilor*, Editura tehnică, București, 1972.
112. I. B. GHERMEEIER, *Introducere în teoria cercetării operaționale*, Editura tehnică, 1973.
113. KELVIN LANCASTER, *Analiza economică matematică*, Editura științifică, București, 1973.
114. M. MALIȚA, C. ZIDĂROIU, *Matematica organizării*, Editura tehnică, București, 1971.
115. P. DIMO ș.a. *Calculul și proiectarea sistemelor electroenergetice*, Editura tehnică, București, 1972.
116. H. B. MAYNARD, *Conducerea activității economice*, (vol. I—V), Editura tehnică, București, 1971.
117. GH. MIHOC, GH. CIUCU, A. MUJA, *Modelele matematice ale așteptării*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, 1973.
118. V. DOBRIN, *Elemente de teorie a deservirii în masă*, Editura militară, București, 1969.
119. V. IONESCU, *Sisteme liniare*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1973.
120. S. CĂLIN, C. BELEA, *Sisteme automate, adaptive și optimale*, Editura tehnică, București, 1971.
121. ERICH JANTSH, *Prognoza tehnologică*, Editura științifică, București, 1972.
122. S. CĂLIN, C. BELEA, *Sisteme automate complexe*, Editura tehnică, București, 1973.
123. L. A. ZADEH, E. POLAK ș.a. *Teoria sistemelor*, Editura tehnică, București, 1973.
124. GH. BOLDUR, *Fundamentarea complexă a procesului de decizie*, Editura științifică, București, 1973.
125. S. GUIAȘU, M. MALIȚA, *Triade*, Editura științifică, București, 1973.
126. A. KAUFMAN, G. DESBAZEILLE, *Metoda drumului critic*, Editura tehnică, 1971.
127. L. TÖVISSI, E. ȚIGĂNESCU, *Balanța legăturilor dintre ramuri*, Editura științifică, București, 1970.
128. M. MALIȚA, C. ZIDĂROIU, *Modele matematice ale sistemului educațional*, Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
129. R. FAURE, A. KAUFMAN, M. DENIS-PAPIN, *Îndreptar de matematică modernă*, Editura științifică, București, 1969.
130. W. ROSS ASBY, *Introducere în cibernetică*, Editura tehnică, București, 1972.
131. M. DRAGOMIRESCU, M. MALIȚA, *Programarea pătratică*, Editura științifică, 1968,
132. V. NITU, H. ALBERT, M. BRĂDESCU, *Metode statistice probabilistice utilizate în energetică*, Editura tehnică, București, 1968.
133. I. M. MARCOVICI, *Sisteme energetice. Regimuri de funcționare*, Editura tehnică, București, 1960.
134. G. N. ALEXEEV, *Transformarea directă a diferitelor forme de energie electrică și mecanică*, Editura tehnică, București, 1964.
135. A. NICOLAIDE, *Producerea energiei pe cale magnetohidrodinamică*, Editura tehnică, București, 1968.
136. C. MURGESCU, *Echipa de conducere în unitățile economice*, Editura politică, București, 1972.
137. I. GERBIER, C. AIMARD, *Organizare, conducere*, Editura politică, București, 1971.
138. V. ANGHELESCU, *Elemente de ergonomie aplicată*, Editura politică, București, 1971.

Scanned with OKEN Scanner

216. MANEA MĂNESCU, *Preocupări cu privire la tehnica de elaborare a modelelor cibernetice în economie*, R.S.T.C.E.T., 1968.
217. R. DUNCAN, LUNCE and HOWARD RAIFFA, *Games and Decisions. Introduction and critical survey*, J. Wiley and sons Inc., New York, 1967.
218. ARROW K. J., *Mathematical Models in the Social Sciences*, The Policy science, 1951.
219. VON NEUMAN E. and MORGENSTERN, O. *The Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press, 1963.
220. S. GOLDMAN, *Information Theory*, Prentice-Hall New-Jersey, 1972.
221. DREYFUS, S. E., *Dynamic Programming and the Calculus of Variations*, New York, Academic Press, 1966.
222. KOPP R. E., *Pontryagin Maxim Principle*, Optimization Techniques, New York Academic Press, 1962.
223. FAN L. T., *The Continuous Maximum Principle*, New York, Wiley, 1966.
224. FAN L. T. and C. S. WANG, *The Discret Maximum Principle*, New York, Wiley, 1965.
225. ROBERT SCHLAIFER, *Analysis of Decisions under Uncertainty*, McGraw-Hall Book Company, New York, 1969.
226. R. A. HOWARD, *Dynamic Probability systems*, vol. I. II. John Wiley and Sons, New York, 1971.
227. ERNEST KURNOW, GERALD T. GLASSER and FREDERICH R. OTTMAN, *Statistics for Businnes Decisions*, Richard D. Irwing Inc. Honewood, Ilinois, 1969.
228. MARTIN STARR and DAVID W. MILLER, *Inventary control. Theory and Practice.* Prentice-Hall International Inc. New-York 1962.
229. W. I. FABRIYCKY, P. M. GHERE, P. T. TERGERSEN, *Industrial Operation Research*, Prentice Hall International series in Industrial and Systems Engineering, New York, 1972.
230. M. D. INTRILIGATOR, *Mathematical Optimization and Economic Theory*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs New-Jersey, 1970.
231. E. S. BUFFA, *Operations Management: Problems and Models*, John Wiley and sons, New York, 1972.
232. RIGGS, I. L., *Production systems: Plannning, Analysis and controll*, John Wiley and Sons New York, 1970.
233. LEE, W., *Decision Theory and Human Behavior*, tohn Wiley and sons, New York, 1971.
234. T. B. GRUZ FR., *Feedback systems*, McGrow-Hill Company, New York, 1972.
235. * * * *Metoda cercetării sistematice*, Editura științifică, București, 1974.
236. I. VĂDUVA ș.a., *Modele matematice de orgazizare și conducerea producției*, Editura didactică și pedagogică, București, 1974.
237. * * * *Seminarul de Teoria sistemelor și aplicații*, București, 1974.
238. M. DRĂGĂNESCU, *Munca și economia*, Editura politică, București, 1974.
239. I. G. RAU, *Optimization and Probability in Systems Engineering*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1972.
240. H. B. MAYNARD, *Industrial Engineering HandBook*, Mc. Graw-Hill Book Company, New York, 1972.
241. DONALD A. PIERRE, *Optimization Theory with Applications*, J. Wiley and Sons. New-York, 1969.
242. J. I. WILLEMS, *Stability Theory of Dynamical Systems*, John Wiley and Sons, New York, 1971.
243. H. G. NICKS, *A Systems and Human Research*, McGraw-Hall, New York, 1972.
244. R. RĂDULEȚ ș.a., *Perspectivele de dezvoltare a energeticii*, Editura tehnică, București, 1975.

Scanned with OKEN Scanner

245. ST. BÎRLEA, *Inițiere în cibernetica sistemelor industriale*, Editura tehnică, București, 1975.
246. C. PENESCU, *Sisteme, concepții, caracterizări. Sisteme liniare*, Editura tehnică, București, 1975.
247. H. B. MAYNARD, *Manual de inginerie industrială*, Editura tehnică, București, 1976.
248. G. OWEN, *Teoria Jocurilor*, Editura tehnică, 1974.
249. C. DINESCU și D. SĂVULESCU, *Metode de matematică modernă pentru economie, Probleme*, Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
250. C. ZIDĂROIU, *Programarea dinamică discretă*, Editura tehnică, București, 1975.
251. R. L. ACKOFF și M. V. SASIENI, *Bazele cercetării operaționale*, Editura tehnică, București, 1975.
252. L. S. LASDON, *Teoria optimizării sistemelor mari*, Editura tehnică, București, 1975.
253. P. CONSTANTINESCU și C. V. NEGOIȚĂ, *Sisteme informatice, modele ale conducerii și sisteme conduse*, Editura tehnică, București, 1975.
254. E. S. BUFFA, *Conducerea modernă a producției*, Editura tehnică, București, 1975.
255. A. CARABULEA, *Conceptul de joc matematic utilizat în conducerea sistemelor industriale*, A.M.C. nr. 21, Editura tehnică, București, 1976.
256. R. TRANDAFIR și A. LEONTE, *Clasic și actual în calculul probabilităților*, Editura Dacia, Cluj, 1974.
257. R. E. KALMAN, P. L. FALB și M. A. ARBIB, *Teoria sistemelor dinamice*, Editura tehnică, București, 1976.
258. A. CARABULEA, *Game mathematical models used in the management of cybernetics systems*, Documentele Congresului al III-lea de Sisteme Generale și Cibernetice, București-Londra, 1976.
259. I. ROMÂNU, *Econometrie cu aplicație la eficiența investițiilor*, Editura științifică, București, 1975.
260. OVIDIU CRIȘAN, *Optimizări decizionale în sistemele electroenergetice*, Editura Facla, 1975.
261. M. STOICA, M. PAVELESCU, și I. PURICA *On an ecoenergetic system*, Buletinul Institutului de Fizică Atomică, București, 1976.
262 * * * *Instrucțiunile MEE — PE — 011/1975; PE — 120/75 și PE — 931/75* ICEMENERG, București, 1975.
263 M. CÎRLAN, *Decizii multidimensionale în energetică*, M.E.E.—Centrul de perfecționare, 1976.
264 V. I. NITU *Bazele teoretice al energeticii*, Editura Academiei R.S.R., 1977.
265 Gh. IACOBESCU ș.a., *Rețele electrice*. Probleme, Editura didactică și pedagogică 1977.
266 A. LECA ș.a., *Centrale electrice*. Probleme, Editura didactică și pedagogică, 1977,
267 CHIAMIL, M. CHIAMIL, V. CIOBANU, M. CARABULEA, N. SANDRU, S. NISTOR, J. PINTEA, L. CIRICĂ și A. CARABULEA *„Aplicații ale teoriei jocurilor în diverse situații practice"*, ICDT, 1977.

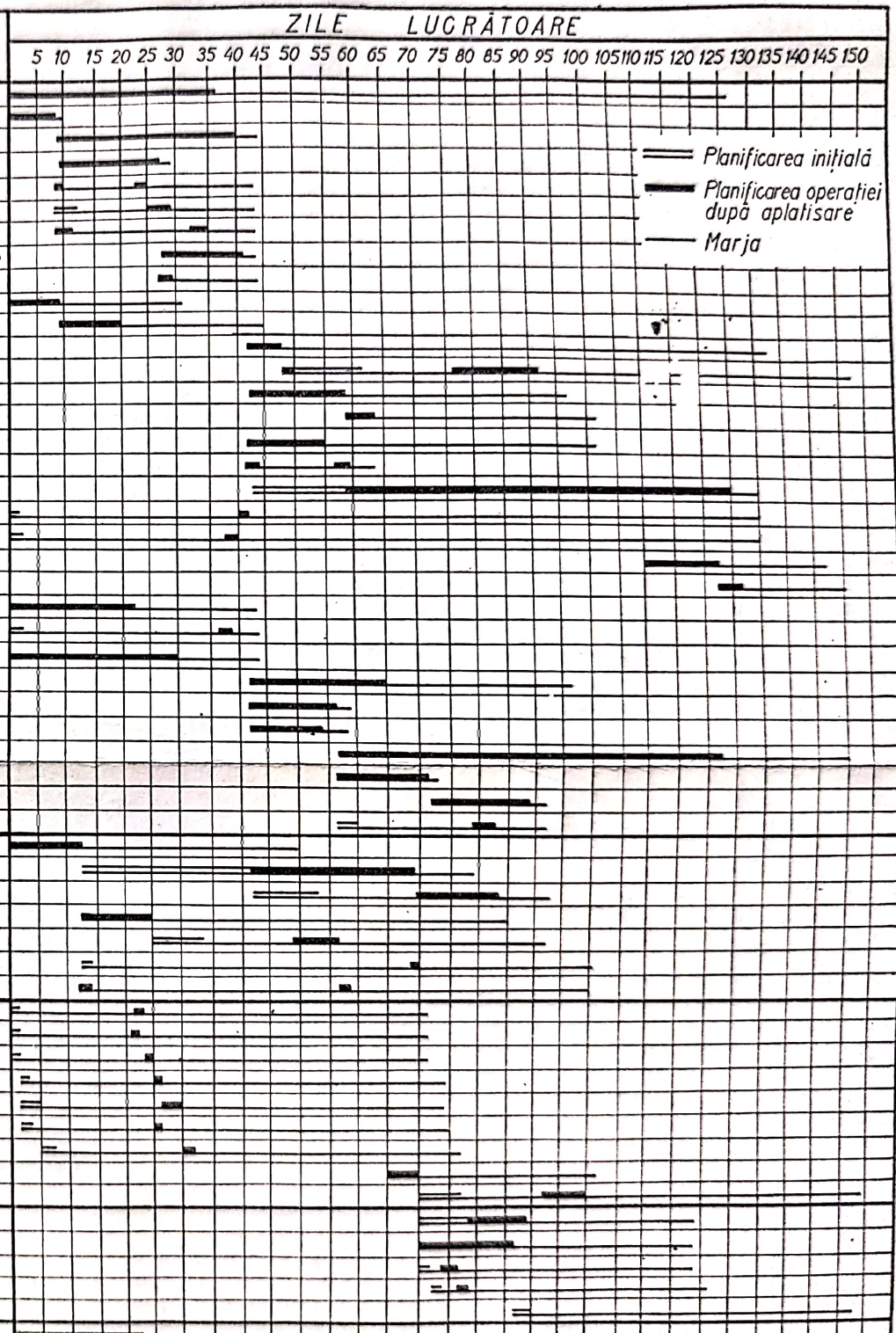
Scanned with OKEN Scanner

Bun de tipar: 20.XII.1977. Tiraj: 5200 ex. broșate.
Coli tipar: 27,5.

Tiparul executat sub comanda
nr. 1526 la
Întreprinderea Poligrafică
„13 Decembrie 1918"
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
București,
Republica Socialistă România

Scanned with OKEN Scanner

Nr. crt.		DENUMIREA OPERAȚIEI
1	A. STAȚIA DE 110 kV	Confectionarea plaselor de protectie
2		Confectionat și montat construcții metalice
3		Montarea separatoarelor de 110 kV
4		Montarea separatoarelor de 110 kV
5		Montarea transformatoarelor de tensiune
6		Montarea transformatoarelor de curent
7		Montarea descărcătoarelor 35 și 110 kV
8		Montarea disp. de actionare pentru separatoare
9		Confectionarea transmisiilor mecanice
10		Lanțuri de izolatoare de 110 kV
11		Montarea barelor generale
12		Montarea plaselor de protectie
13		Vopsirea plaselor de protectie
14		Montarea barelor derivații
15		Montarea clemelor de racord borne
16		Vopsit construcții metalice
17		Electrozi pentru priza de pământ
18		Conductor pentru priza de pământ
19		Montarea țijelor de paratrăznet
20		Tevi de protectie pentru conductor pp.
21		Conductor derivatie pentru legare pământ
22		Vopsirea instalatiei de legare la pământ
23		Desfacerea iutei de pe cable
24		Montarea cutiilor de cleme
25		Confectionat și montat console pentru cable
26		Montarea conductelor de aer comprimat
27		Pozarea cablelor de circuite secundare
28		Conductor de legare la pământ în canal
29		Vopsirea consolelor și cablurilor
30		Capete terminale în statia de 110 kV
31		Legarea firelor la cleme
32		Executarea manșoanelor de înădire
33	B. CAMERA DE COMANDĂ	Montarea panourilor de comandă și protectie
34		Executarea capetelor terminale
35		Legarea firelor la cleme
36		Montarea ap. de măsură, contoare, relee
37		Legături la aparate
38		Incercările tablourilor de j.t.
39		Montarea redresorului cu seleniu
40	C. INSTALAȚIA DE AER COMPRIMAT	Montarea compresoarelor
41		Montarea compresoarelor tampon
42		Montarea reductoarelor de presiune
43		Montarea supapelor de suprafață
44		Montat și vopsit conducte intermediare
45		Montarea manometrelor
46		Incercarea compresoarelor
47		Incercarea conductelor în statia de 110 kV
48		Vopsirea conductelor în statia de 110 kV
49	D. ÎNCERCĂRI ÎN STAȚIA 110 kV	Icercarea transformatoarelor de măsură
50		Incercările transformatoarelor TUP-110 kV
51		Incercările descărcătoarelor DRVS
52		Incercările contoarelor de descărcătoare
53		Incercările barelor în statia de 110 kV
54		Montarea celulelor prefabricate



Scanned with OKEN Scanner

42	C. INSTALAȚIA AER COMPRIMAT	Montarea reductoarelor de presiune
43		Montarea supapelor de suprafață
44		Montat și vopsit conducte intermediare
45		Montarea manometrelor
46		Incercarea compresoarelor
47		Incercarea conductelor în statia de 110 kV
48		Vopsirea conductelor în statia de 110 kV
49	D. ÎNCERCĂRI ÎN STAȚIA 110 kV	Icercarea transformatoarelor de măsură
50		Incercările transformatoarelor TUP-110 kV
51		Incercările descărcătoarelor DRVS
52		Incercările contoarelor de descărcătoare
53		Incercările barelor în statia de 110 kV
54	E. STATITIA DE 6-15 kV	Montarea celulelor prefabricate
55		Montarea conductelor de aer comprimat
56		Incercarea conductelor de aer comprimat
57		Vopsirea conductelor din statia de 6-15 kV
58		Montat ap. de măsură, contoare, relee la celule
59		Legături la aparate
60		Incercările aparatelor de măsură și releelor
61		Montat izolatori de trecere la celule
62		Montat bare colectoare la 6-15 kV
63		Montat întrerupătoare 2500 A
64		Capete circulare, cable, circ. secundare
65		Legarea firelor la cleme
66		Construcții metalice pentru bare întoarcere
67		Table despărțitoare la bare întoarcere
68		Montat izolatori suport SB-6
69		Montarea barelor de întoarcere 6 kV
70		Vopsirea construcțiilor metalice și barelor
71		Icercările celulelor de 6-15 kV
72		Incercările cablelor de circ. secundare
73		Incercările aparatelor și releelor, cam. comandă
74		Conductor de pământ în statia de 6-15 kV
75		Vopsirea instalației de legare la pământ
76		Incercarea instalației de legare la pământ
77	F. SERVICII INTERNE	Confecții metalice pentru bateria acumulatoare
78		Montarea izolatorilor RC-45 la baterie
79		Montarea plăcii de trecere
80		Montarea barelor rotunde de cupru
81		Vopsirea consolelor și barelor
82		Montarea bateriei de acumulatori
83		Incercările bateriei de acumulatori
84	G. TRANSFORATOARELOR DE PUTERE	Confectionarea pieselor elastice
85		Montarea transformatoarelor de putere
86		Montarea rotilor, radiatoarelor, conserv. etc.
87		Dispozitiv de actionare, cumulator, și izol. 110 kV
88		Montaj ventilatoare și accesorii
89		Construcții metalice pentru pod bare
90		Montarea descarcărcătoarelor de 6-15 kV
91		Montarea izolatoarelor HDS 10-20 kV
92		Incercările transformatoarelor
93		Incercările panourilor de comandă
94		Montarea barelor 6-15 kV la transformatoare
95		Vopsirea construcțiilor metalice pod bare
96		Vopsirea barelor 6-15 kV
97		Vopsit armături, izolatori HDS
98		Incercarea barelor de 6-15 kV
99		Montarea cablelor de 15 kV la trafo

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

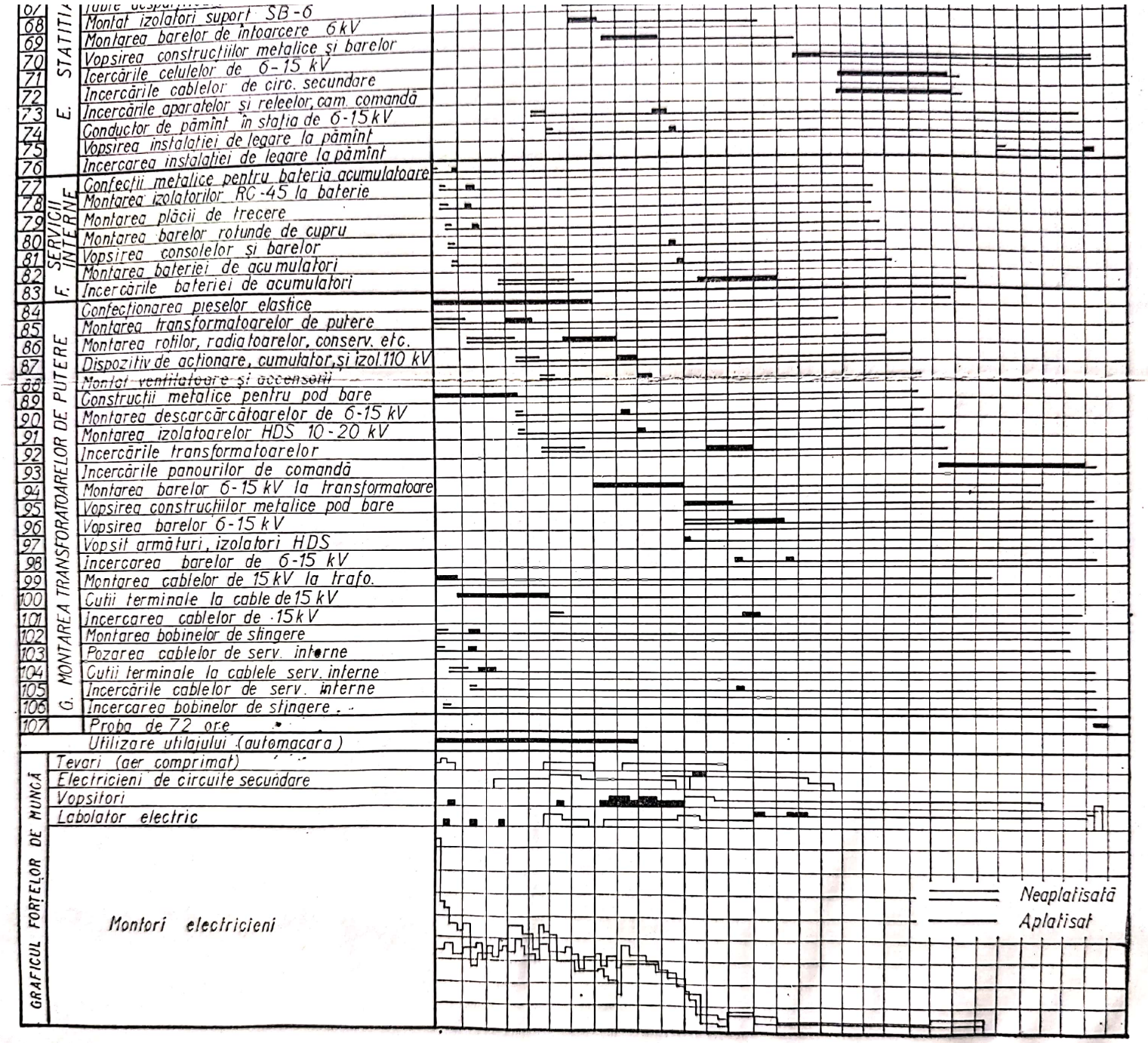


Fig. 17

Scanned with OKEN Scanner

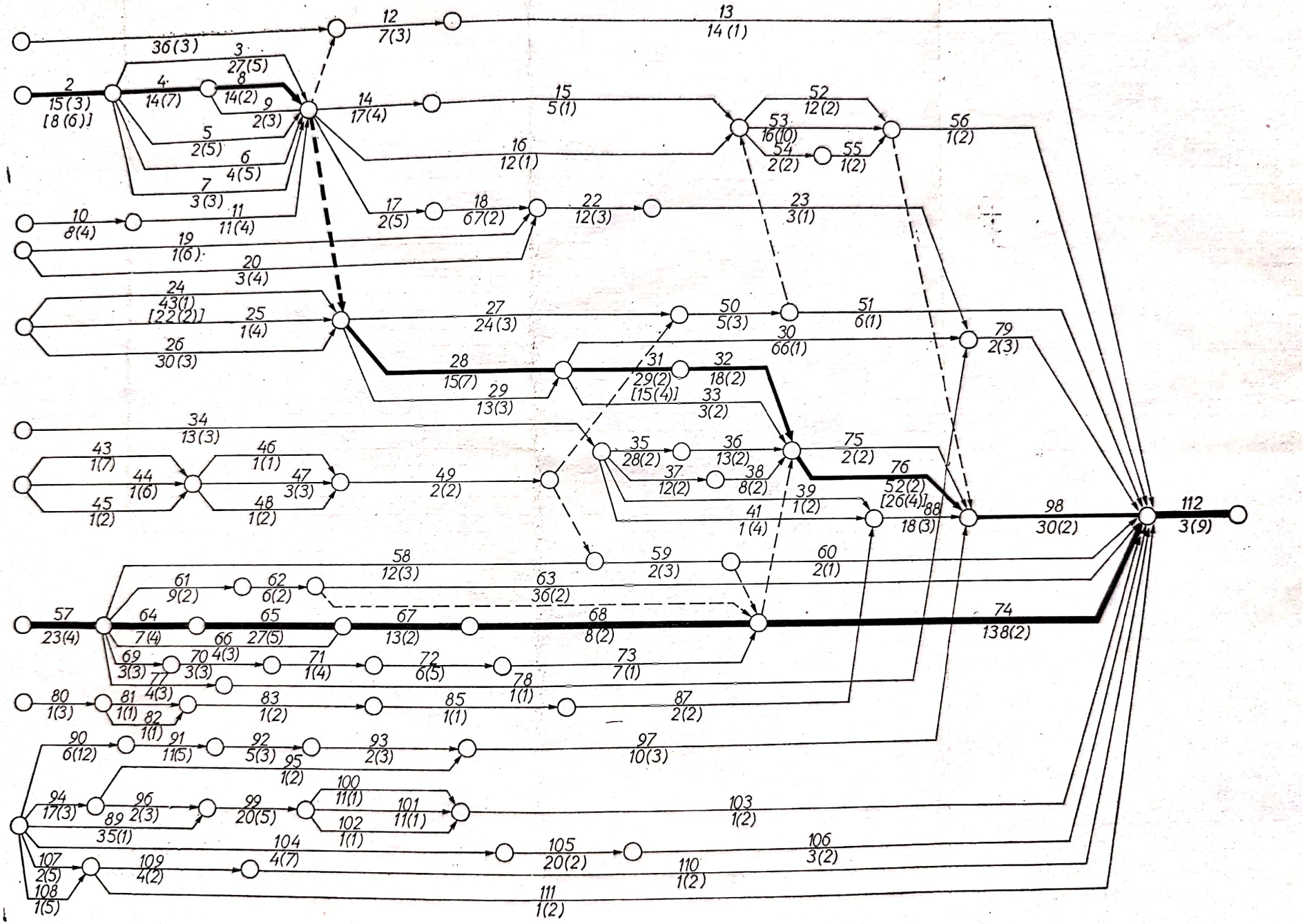
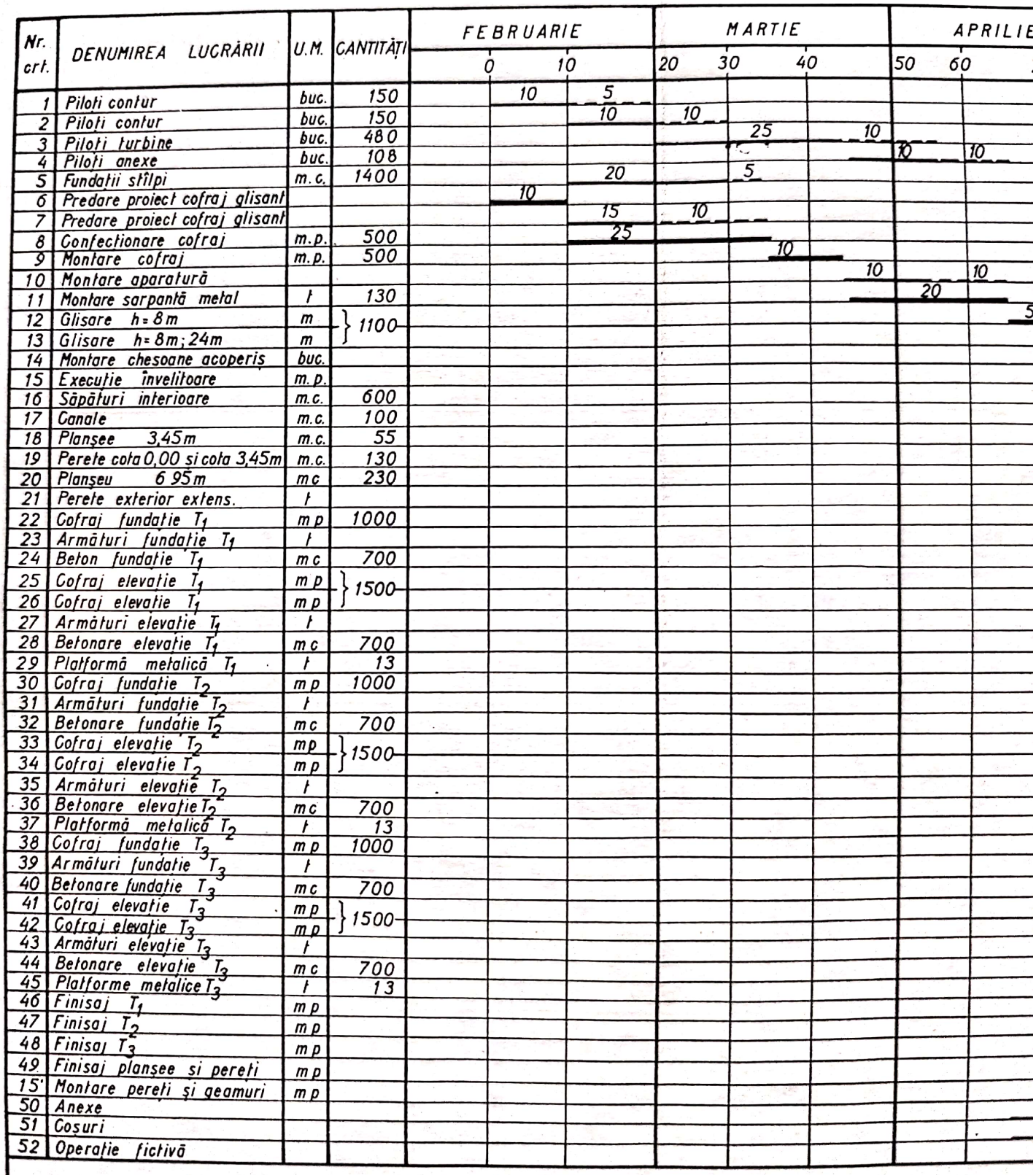


Fig. 16

Nr. crt.	DENUMIREA LUCRĂRII	U.M.	CANTITĂȚI
1	Piloți contur	buc.	150
2	Piloți contur	buc.	150
3	Piloți turbine	buc.	480
4	Piloți anexe	buc.	108
5	Fundații stîlpi	m.c.	1400
6	Predare proiect cofraj glisant		
7	Predare proiect cofraj glisant		
8	Confectionare cofraj	m.p.	500
9	Montare cofraj	m.p.	500
10	Montare aparatură		
11	Montare sarpantă metal	t	130
12	Glisare h=8m	m	1100
13	Glisare h=8m; 24m	m	
14	Montare chesoane acoperiș	buc.	
15	Execuție învelitoare	m.p.	
16	Săpături interioare	m.c.	600
17	Canale	m.c.	100
18	Planșee 3,45m	m.c.	55
19	Perete cota 0,00 și cota 3,45m	m.c.	130
20	Planșeu 6,95m	mc	230
21	Perete exterior extens.	t	
22	Cofraj fundație T_1	mp	1000
23	Armături fundație T_1	t	
24	Beton fundație T_1	mc	700
25	Cofraj elevație T_1	mp	1500
26	Cofraj elevație T_1	mp	
27	Armături elevație T_1	t	
28	Betonare elevație T_1	mc	700
29	Platformă metalică T_1	t	13
30	Cofraj fundație T_2	mp	1000
31	Armături fundație T_2	t	
32	Betonare fundație T_2	mc	700
33	Cofraj elevație T_2	mp	1500
34	Cofraj elevație T_2	mp	
35	Armături elevație T_2	t	
36	Betonare elevație T_2	mc	700
37	Platformă metalică T_2	t	13
38	Cofraj fundație T_3	mp	1000
39	Armături fundație T_3	t	
40	Betonare fundație T_3	mc	700
41	Cofraj elevație T_3	mp	1500
42	Cofraj elevație T_3	mp	
43	Armături elevație T_3	t	
44	Betonare elevație T_3	mc	700
45	Platforme metalice T_3	t	13
46	Finisaj T_1	mp	
47	Finisaj T_2	mp	
48	Finisaj T_3	mp	
49	Finisaj planșee și pereți	mp	
15'	Montare pereți și geamuri	mp	
50	Anexe		
51	Coșuri		
52	Operație fictivă		



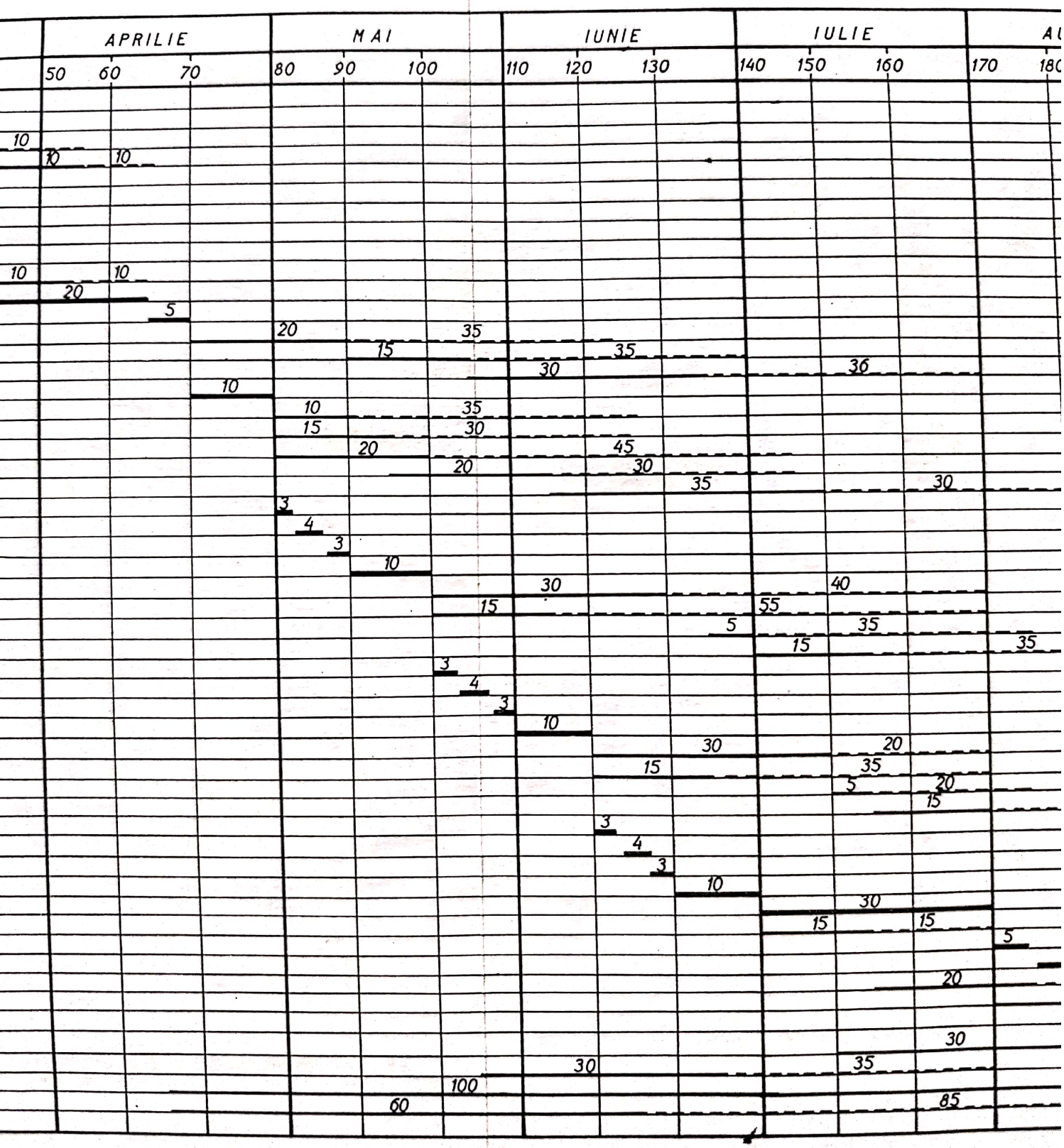
LEGENDA:

Durata unei operații după drumul critic

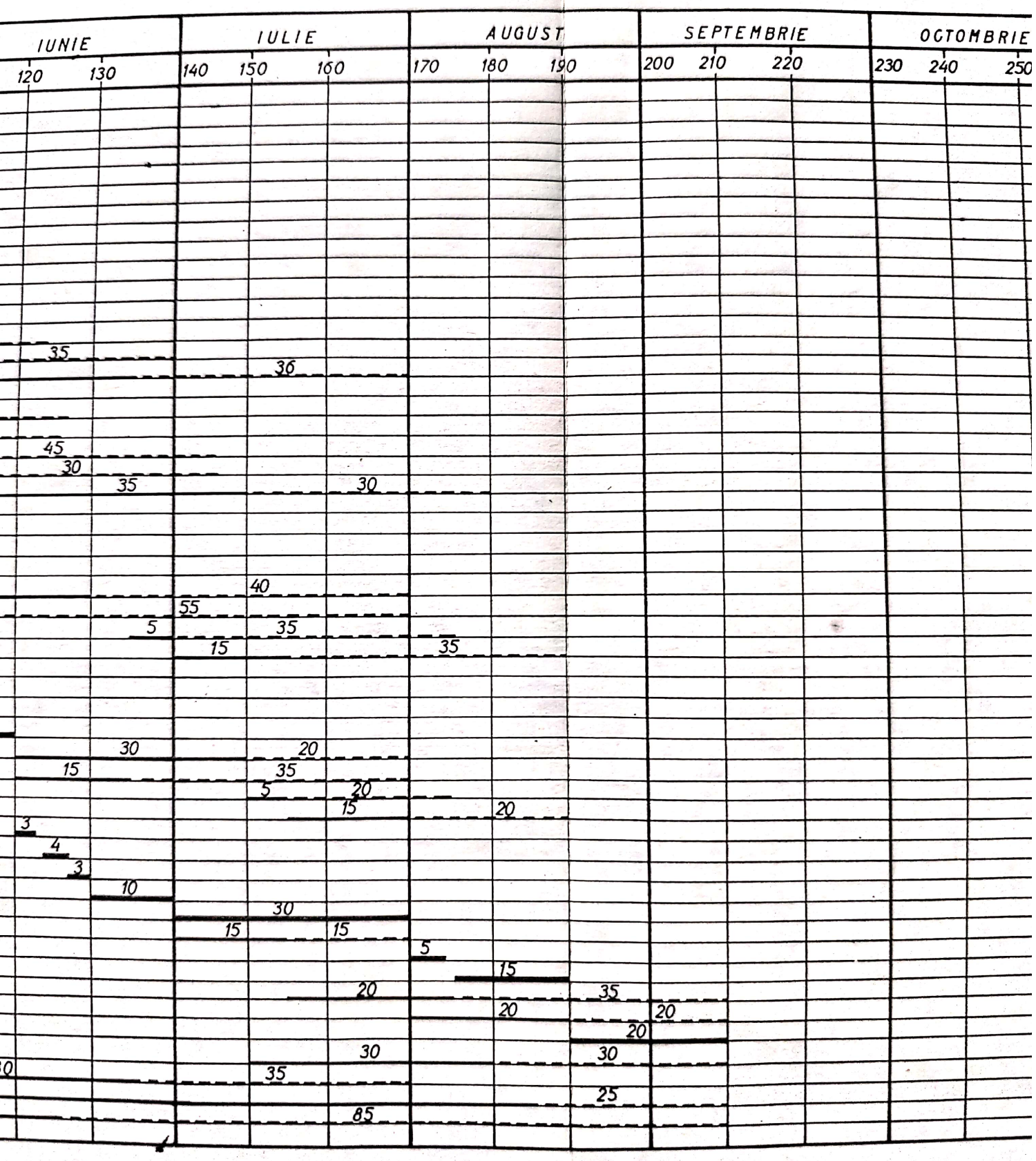
Durata unei operații care nu este pe drumul critic

Rezerva de timp a unei operații

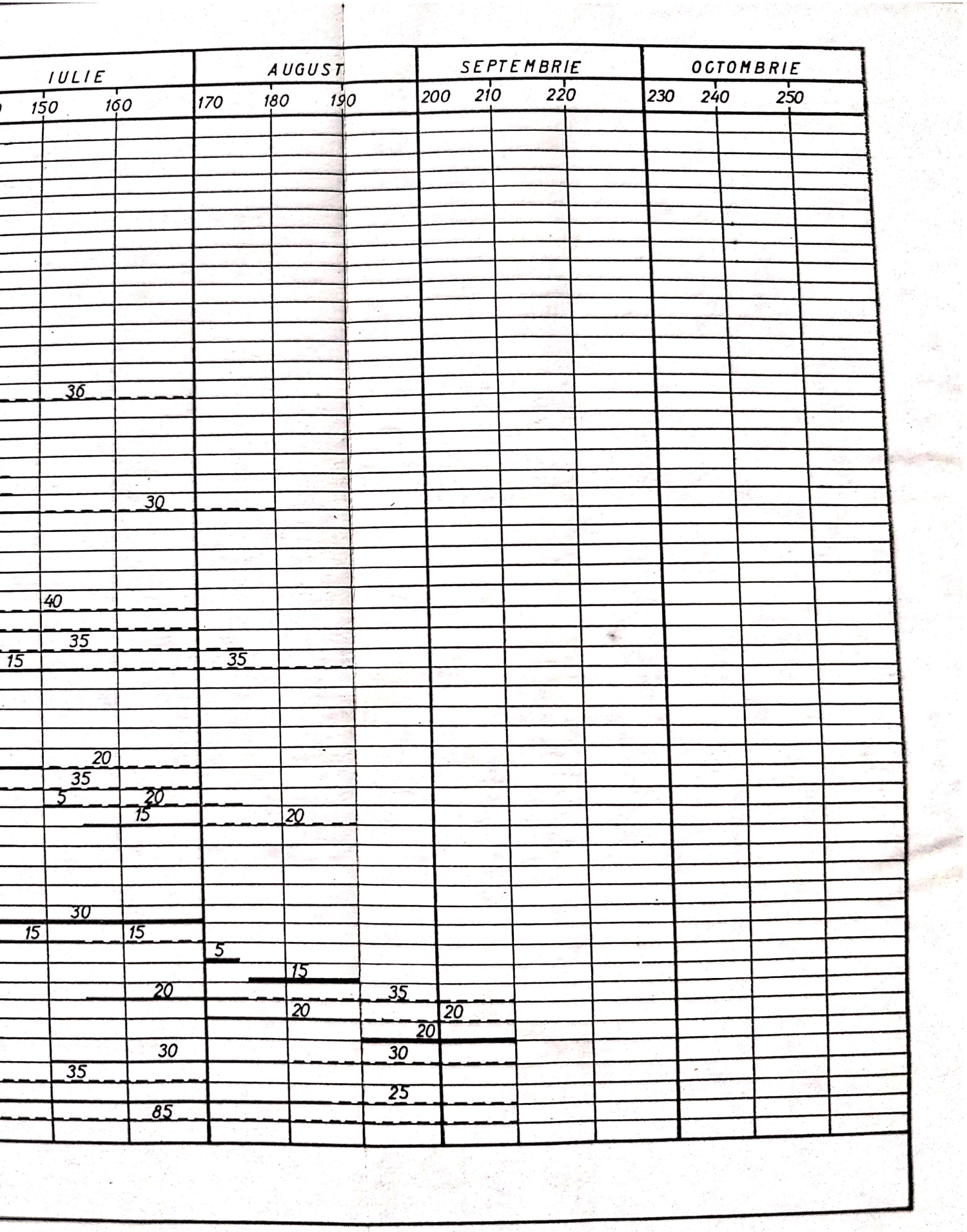
Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner



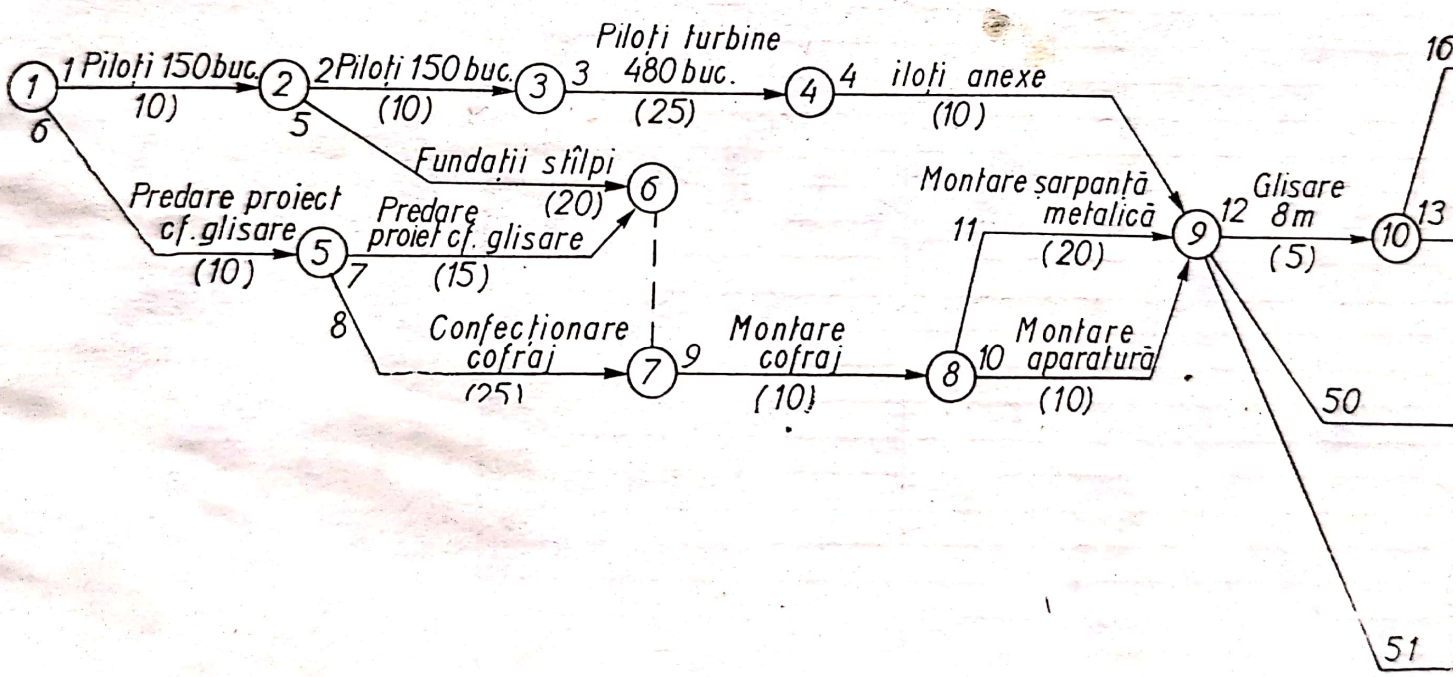
Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner

Fig. 11

Scanned with OKEN Scanner


1
1 Piloți 150 buc
10)
2
2 Piloți 150 buc.
(10)
3
3 Piloți turbine
480 buc.
(25)
4
4 iloți anexe
(10)
16
6
Predare proiect
cf. glisare
(10)
5
5
Fundații stîlpi
(20)
6
Predare
proiect cf. glisare
(15)
7
8
Confecționare
cofraj
(25)
7
9
Montare
cofraj
(10)
8
11
Montare șarpantă
metalică
(20)
10 Montare
aparatură
(10)
9
12 Glisare
8m
(5)
10
13
50
51

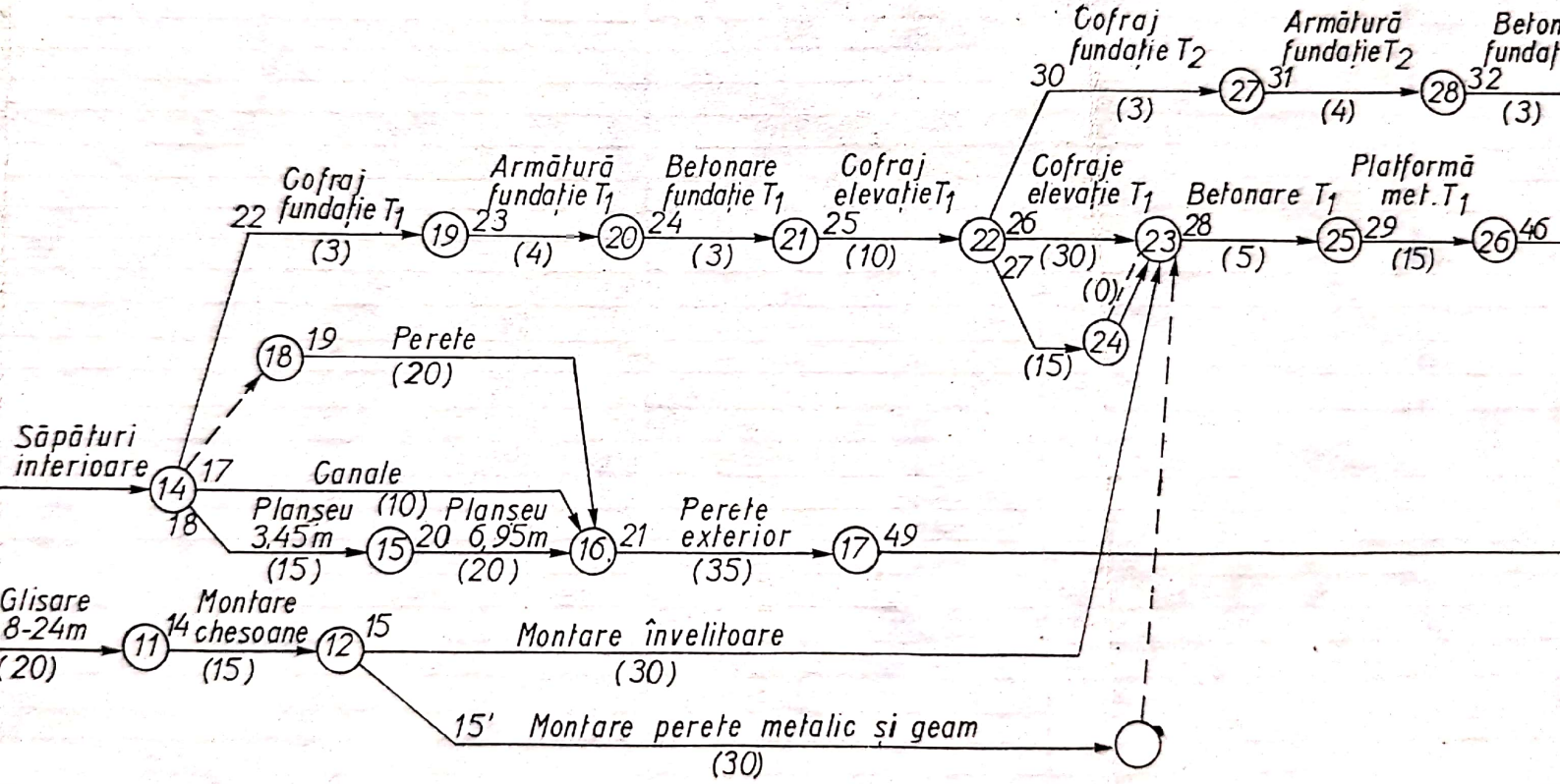
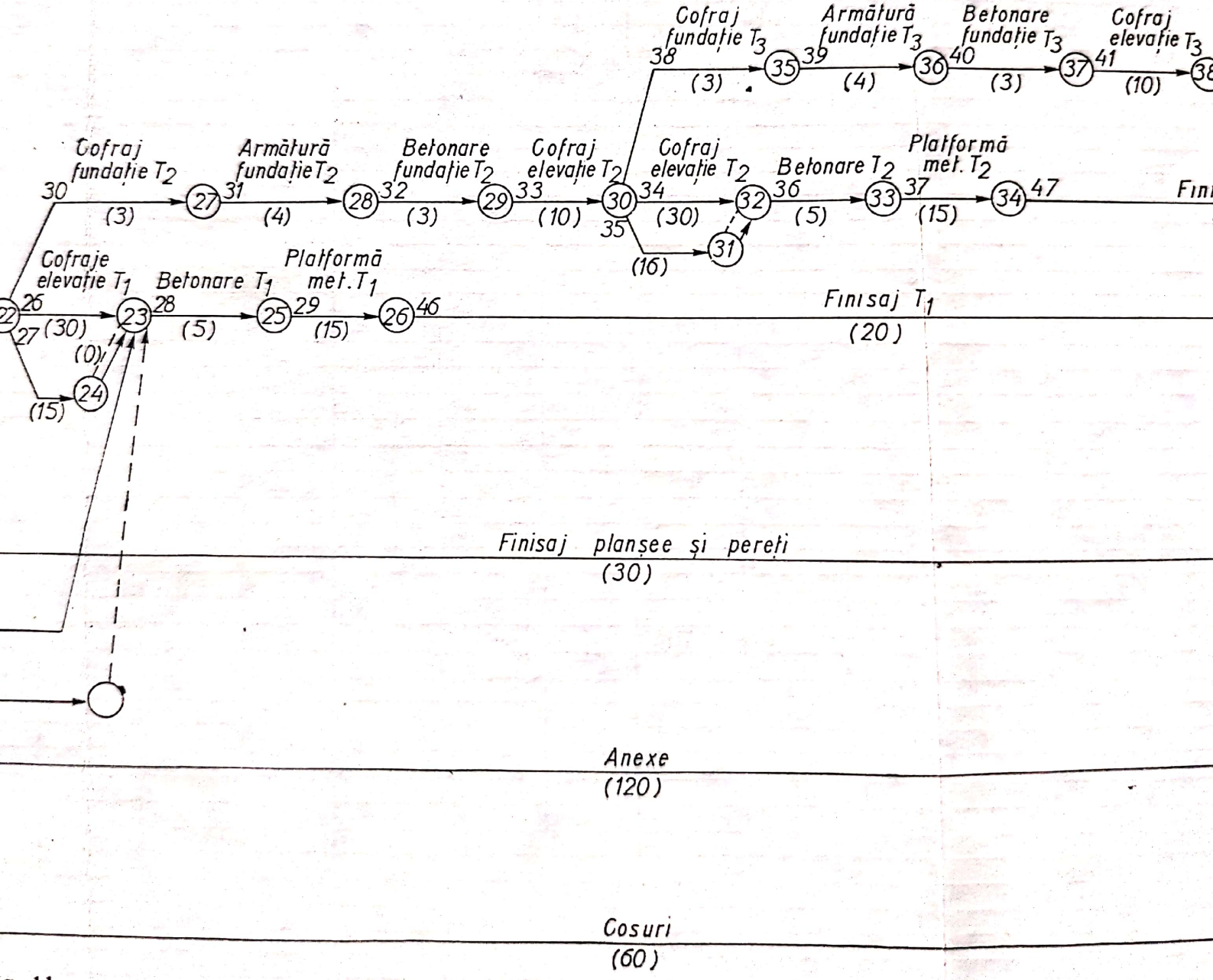
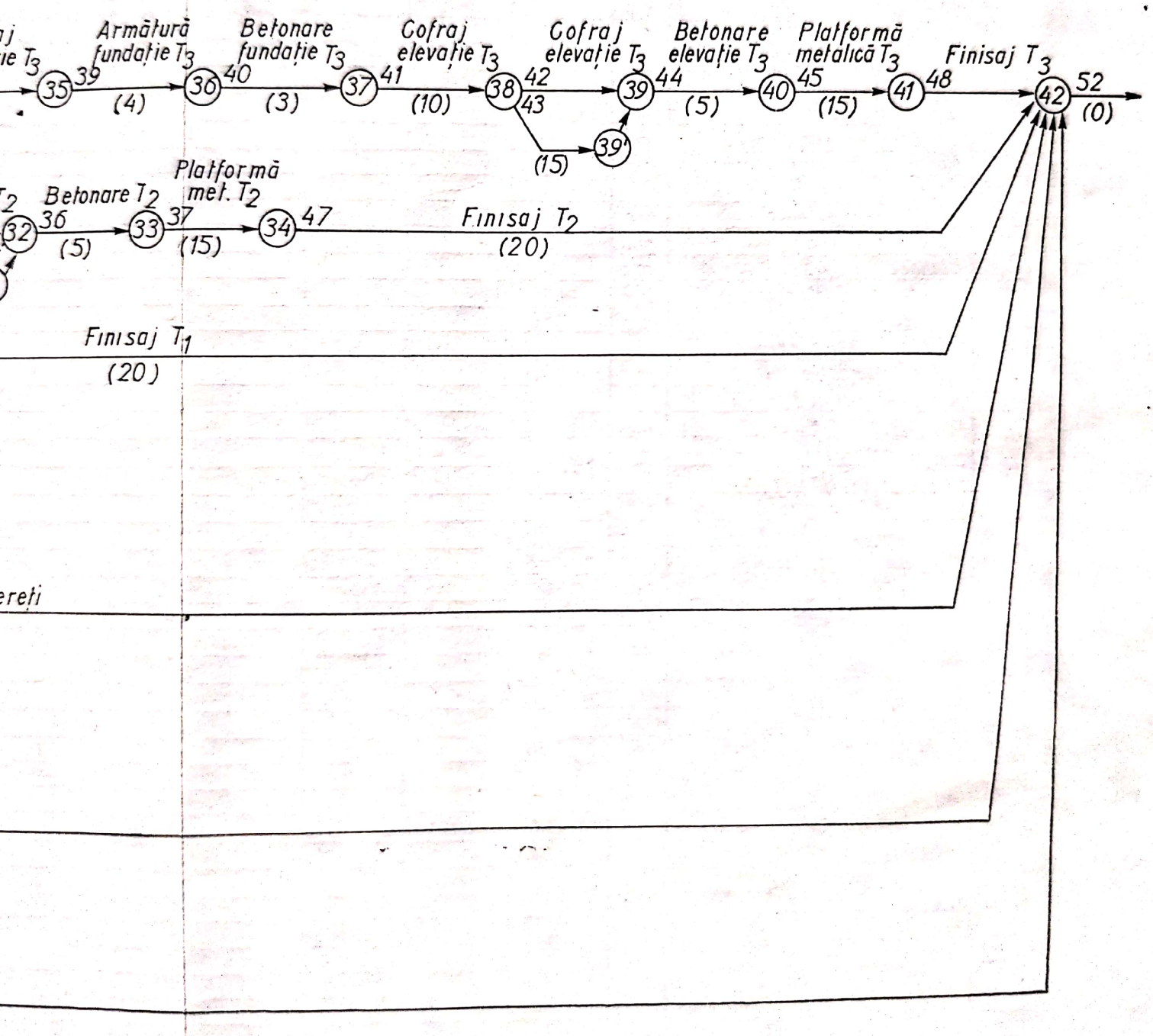

Cofraj fundație T2
(3)
Armătură fundație T2
(4)
Beton fundaț
(3)
Cofraj fundație T1
(3)
Armătură fundație T1
(4)
Betonare fundație T1
(3)
Cofraj elevație T1
(10)
Cofraje elevație T1
(30)
Betonare T1
(5)
Platformă met. T1
(15)
(0)
(15)
Perete
(20)
Săpături interioare
Canale
(10)
Planșeu 3,45m
(15)
Planșeu 6,95m
(20)
Perete exterior
(35)
Glisare 8-24m
(20)
Montare chesoane
(15)
Montare învelitoare
(30)
15' Montare perete metalic și geam
(30)

Fig. 11


Cofraj fundație T3
Armătură fundație T3
Betonare fundație T3
Cofraj elevație T3
38
(3)
35
39
(4)
36
40
(3)
37
41
(10)
Cofraj fundație T2
Armătură fundație T2
Betonare fundație T2
Cofraj elevație T2
Cofraj elevație T2
Betonare T2
Platformă met. T2
30
(3)
27
31
(4)
28
32
(3)
29
33
(10)
30
34
(30)
32
36
(5)
33
37
(15)
34
47
35
(16)
31
Cofraje elevație T1
Betonare T1
Platformă met. T1
Finisaj T1
(20)
22
26
27
(30)
23
28
(5)
25
29
(15)
26
46
(0)
24
(15)
Finisaj planșee și pereți
(30)
Anexe
(120)
Cosuri
(60)

g. 11


Armătură fundație T3
Betonare fundație T3
Cofraj elevație T3
Cofraj elevație T3
Betonare elevație T3
Platformă metalică T3
Finisaj T3
35
39
(4)
36
40
(3)
37
41
(10)
38
42
43
(15)
39
39'
44
(5)
40
45
(15)
41
48
42
52
(0)
Betonare T2
Platformă met. T2
32
36
(5)
33
37
(15)
34
47
Finisaj T2
(20)
Finisaj T1
(20)